



**UNIVERSIDADE DO MINHO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E RECURSOS DO MAR**

**CURSO DE LICENCIATURA em  
ENGENHARIA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**RELATÓRIO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
ANO LETIVO 2018/2019 – 4º ANO**

**Tema: Automação de um Sistema Hidropónico Ativado com Energia  
Fotovoltaica**

**Autor: Dorriane Hina Rocha Dias Lopes, N.º3951**

**Orientador: Eng.º João Evangelista Monteiro Alves**

**Mindelo, 2019**



**UNIVERSIDADE DO MINDELO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E RECURSOS DO MAR**

**RELATÓRIO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**Ano Letivo 2018/2019**

**Automatização de um Sistema Hidropónico Ativado com Energia**  
**Fotovoltaica**

Autor: Dorriane Hina Rocha Dias Lopes

Orientador: Eng.º João Evangelista Monteiro Alves

Mindeló, 2019

**Dorriane Hina Rocha Dias Lopes**

**AUTOMATIZAÇÃO DE UM SISTEMA HIDROPÓNICO ATIVADO COM  
ENERGIA FOTOVOLTAICA**

Projeto de trabalho de conclusão do curso,  
apresentado à Universidade do Mindelo como  
parte dos requisitos para obtenção do grau de  
licenciado em Engenharia em Energias  
Renováveis.

Orientador: Eng.º João Evangelista Monteiro Alves

Mindelo, 2019

## **Resumo**

No momento em que Cabo Verde se submete ao processo de transição energética é preciso se adaptar às mudanças no que diz respeito ao setor das energias. A aposta nas energias renováveis enquadradas no setor agrícola é uma das ferramentas importantes para o desenvolvimento da economia verde no país.

O presente projeto baseia-se na automatização de um sistema de cultivo hidropónico acionado por um sistema fotovoltaico, contendo um Controlador Lógico Programável para controlar o sistema de bombeamento de água, controlo do nível, nível de acidez (Ph) e condutividade da solução da nutritiva.

O processo hidropónico apresenta várias vantagens em relação às formas de cultivo tradicionais, como: crescimento mais rápido, maior produtividade, aumento da proteção contra doenças, praga e insetos nas plantas, economia de água até 70% em comparação com a agricultura tradicional, possibilidade de produção fora de época e rápido retorno económico, assim como menores riscos perante as adversidades climáticas. Com a automatização do sistema de cultivo hidropónico estes índices poderão ser ainda mais favoráveis.

A automatização do processo hidropónico aumenta a eficiência de produção de todo sistema, torna o projeto ainda mais viável, otimizando assim toda produção no que diz respeito ao controlo das necessidades de desenvolvimento ideais do cultivo.

**Palavras-chaves:** Automação, PLC, Energia Fotovoltaica, Cultivo Hidropónico.

## **Abstract**

Cape-Verde is currently in an energetic transition process, a switch that should be extended to the Energy Sector. Renewable Energies within Agriculture are one of the most important tools for Green Economy Development.

The current project assumes the automation of a hydroponic system activated with photovoltaic energy, through a Programmable Logic Controller (PLC) on water supply system, Ph levels and conductivity of the nutritive solution.

Hydroponic process possesses several advantages when compared to traditional cultures, such as: faster growth, higher productivity, higher protection against diseases and plagues, as well as water-economy of 70% when compared to traditional agriculture. Such process will also make possible producing throughout the year with faster financial profits, lower risk and exposure to climacteric variables. And with the automation of the hydroponic system these rates could be even more favorable.

The automation of the hydroponic process increases the production efficiency of the whole system, makes the project even more viable, thus optimizing all production with regard to controlling optimal crop development needs.

**Key-words:** Automation processes, Photovoltaic Energy, Hydroponic Culture

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a minha mãe,  
Manuela da Cruz Rocha Fermino.

## **Agradecimentos**

Começo por agradecer a minha família, em especial a minha mãe pela minha educação e por todos os valores por ela transmitidos, pelo amor e dedicação e por ser ela a primeira pessoa a acreditar e confiar em mim.

Agradeço ao meu orientador João Evangelista Monteiro Alves pelo apoio e por todos os conhecimentos transmitidos.

Aos meus colegas e amigos pelos bons momentos proporcionados ao longo do curso.

Ao Engenheiro Agrónomo Denis Cruz que sempre esteve disponível em apoiar-me em casos de dúvidas que apareceram ao longo da elaboração do referido projeto e pela troca de conhecimentos.



“O maior elogio que ouvi em toda minha vida de inventor foi: não vai funcionar.”

Nikola Tesla

## Índice

I - INTRODUÇÃO .....	18
1.1. Justificativa.....	19
1.2. Objetivo Geral .....	20
1.3. Objetivos Específicos .....	20
1.4. Hipóteses .....	20
1.5. Estrutura do Trabalho .....	20
1.6. Metodologia.....	21
II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	22
2.1. Automação e Controlo.....	22
2.1.1. Variável Controlada.....	22
2.1.2. Variável Manipulada.....	22
2.1.3. Variável Desejada ( <i>Setpoint</i> ) .....	22
2.1.4. Planta .....	23
2.1.5. Sistema.....	23
2.1.6. Distúrbios.....	23
2.1.7. Controlo com Realimentação.....	23
2.2. Sistemas de Controlo .....	24
2.2.1. Sistemas em Malha Aberta .....	24
2.2.2. Sistema em Malha Fechada .....	24
2.2.3. Elementos de Controlo.....	25
2.2.3.1. Sensores.....	25
2.2.3.2. Atuadores .....	25
2.2.3.2.1. Contator .....	26
2.2.3.2.2. Válvula de Solenoide.....	26

2.2.3.3.	Controlador.....	26
2.3.	PLC.....	27
2.3.1.	Breve Histórico .....	27
2.3.2.	Vantagens.....	27
2.3.3.	Estrutura de um PLC.....	28
2.3.3.1.	CPU .....	28
2.3.3.2.	Relógio .....	29
2.3.3.3.	Temporizador .....	29
2.3.3.4.	Bateria .....	29
2.3.3.5.	Memória RAM .....	29
2.3.3.6.	Memória ROM .....	29
2.3.3.8.	Unidades de Entradas e Saídas .....	30
2.4.	Bombas .....	31
2.4.1.	Bombas Centrífugas.....	31
2.4.2.	Bombas Volumétricas.....	31
2.5.	Enquadramento do Setor agrícola em São Vicente .....	32
2.6.	Cultivo Hidropónico.....	33
2.6.1.	Tipos de Sistemas Hidropónicos.....	33
2.6.2.	Componentes .....	35
2.6.2.1.	Estrutura de Proteção .....	36
2.6.2.2.	Reservatório .....	36
2.6.2.3.	Bomba .....	37
2.6.2.4.	Temporizador .....	37
2.6.2.5.	Bancadas e Canais de Cultivo .....	38
2.6.3.	Soluções Nutritivas .....	38

2.6.4.	Principais Parâmetros do Cultivo Hidropónico .....	39
2.6.5.	Cultivo Tradicional versus Cultivo Hidropónico.....	40
2.6.6.	Vantagens e Desvantagens.....	40
2.7.	Recurso Solar.....	41
2.7.1.	Radiação Solar .....	41
2.7.2.	Recurso Solar em São Vicente.....	42
2.7.3.	Energia Fotovoltaica .....	44
2.7.3.1.	Efeito Fotovoltaico .....	44
2.7.3.2.	Células Fotovoltaicas .....	45
2.7.3.3.	Tipos de Células Fotovoltaicas .....	45
2.7.3.4.	Associação de Células e Módulos Fotovoltaicos .....	46
2.7.3.5.	Principais Componentes dos Sistemas Fotovoltaicos .....	47
2.7.3.5.1.	Módulos .....	47
2.7.3.5.2.	Bateria.....	48
2.7.3.5.3.	Inversor .....	49
2.7.3.5.4.	Controlador de Carga.....	49
2.7.3.5.5.	Sistemas Fotovoltaicos .....	50
2.8.	Manutenção .....	52
III -	ESTUDO DE CASO .....	53
3.1.	Enquadramento e Localização Geográfico.....	54
3.2.	Escolha do Cultivo .....	55
3.2.1.	Descrição do Sistema de Cultivo .....	59
3.3.	Estrutura e Equipamentos .....	60
3.3.1.	Descrição de Sistema Hidráulico .....	61
3.4.	Automatização do Projeto .....	63

3.4.1.	Twido TWDLCDA24DRF .....	65
3.4.2.	Sensor de Nível BTM2000A .....	66
3.4.3.	Sensor Ph Aquametrix P65C/R65C .....	66
3.4.4.	Sensor de Condutividade nambei DJS .....	67
3.4.5.	Temporizador .....	68
3.4.6.	Programação .....	68
3.5.	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico .....	70
3.5.1.	Parâmetros do Sistema .....	70
3.5.2.	Determinação dos Componentes do Sistema Fotovoltaico.....	71
3.5.2.1.	Cálculo da Secção dos Cabos do Sistema Fotovoltaico .....	74
3.6.	Manutenção dos Sistemas Fotovoltaico e Hidropónico .....	76
IV - ANÁLISE ECONOMICA .....		77
4.1.	Custo do Projeto .....	77
4.2.	Estimativa de Produção .....	78
4.3.	Análise da Viabilidade Económica do Sistema Fotovoltaico.....	79
V- CONSIDERAÇÕES FINAIS .....		81
5.1.	Impactes do Projeto .....	81
5.2.	Recomendações .....	82
5.3.	Conclusão .....	82
6.	BIBLIOGRAFIA.....	84
7.	ANEXOS.....	86

## Lista de Abreviaturas

**A** - Ampere

**AC** - Corrente Alternada

**Ah** - Ampere-hora

**DC** - Corrente Contínua

**ECV** - Escudos cabo-verdianos

**Icc** - Corrente de curto-circuito

**Imp** - Corrente de Potência Máxima

**Km** - Quilómetro

**KW** - Quilowatt

**L** - Longitude

**M** - metro

**m<sup>2</sup>** - metros quadrado

**mm** - milímetro

**MPP** - Ponto de máxima potência

**mS/cm** - miliSiemens por centímetro

**°C** - Graus Celcius

**Ph** - Acidez/basicidade

**Pm** - Potencia Máxima

**Q** - caudal

**U A** - unidade astronómica

**V** - volt

**Vmp** - Tensão de Potência Máxima

**Voc** - Tensão do Circuito Aberto

**W** - watt

**Wp** - Potência pico

**$\eta$**  - Eficiência

## Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama de Blocos de um Sistema de Malha Aberta .....	24
Figura 2 - Diagrama de Blocos de um Sistema em Malha Fechada.....	24
Figura 3 - Diagrama de Blocos de um Sistema de Automação .....	25
Figura 4 - Estrutura Interna de um PLC .....	28
Figura 5 - Mapeamento das Iniciativas Verdes de Diferentes Setores em São Vicente.....	32
Figura 6 - Técnica de Fluxo Laminar (NFT).....	34
Figura 7 - Sistema DFT .....	34
Figura 8 - Cultivo com Substrato .....	35
Figura 9 - Esquema de um Sistema Hidráulico .....	35
Figura 10 - Estrutura em Ambiente Protegido para Hidroponia .....	36
Figura 11 - Luz Solar no seu Percorso Através da Atmosfera .....	42
Figura 12 - Radiação Anual em Cabo verde .....	43
Figura 13 - Radiação solar Anual (2012) na ilha de São Vicente em kWh/m2 .....	43
Figura 14 - Efeito Fotovoltaico em um Módulo.....	44
Figura 15 - Secção Transversal de uma Célula Fotovoltaica. ....	45
Figura 16 - Células Ligadas em Série.....	46
Figura 17 - Células Ligadas em Paralelo.....	47
Figura 18 - Perímetro Agrícola de Tchon d'Holanda .....	55
Figura 19 - Layout do Sistema Hidropónico .....	59
Figura 20 - Placa Espuma Fenólica .....	60
Figura 21 - Bancada de Cultivo.....	60
Figura 22 - Estufa: PE Multi-Span Corpo Plástico.....	61
Figura 23 - Bomba Schneider BC-91S .....	63
Figura 24 - Diagrama de Controlo Automático do Sistema .....	64
Figura 25 - Autómato Twido Compacto.....	65
Figura 26 - Fluxograma da Lógica de Controlo do Processo Hidropónico.....	68
Figura 27 - Programa em Diagrama de Contatos .....	69
Figura 28 - Diagrama de Blocos do Sistema Fotovoltaico.....	70
Figura 29 - Radiação na Inclinação Ótima. ....	71
Figura 30 - Diagrama Multifilar do SFV .....	74

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dispositivos de Entradas e Saídas .....	30
Tabela 2 - Nutriente para Cultivo Hidropónico.....	39
Tabela 3 - Parâmetros de cultivos .....	40
Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens do Cultivo Hidropónico .....	41
Tabela 5 - Fatores Internos Matriz <i>Swot</i> .....	53
Tabela 6 - Fatores Externos Matriz <i>swot</i> .....	54
Tabela 7 - Dados do Sistema Hidráulico .....	62
Tabela 8 - Características da Bomba .....	63
Tabela 9 - Carga do Sistema.....	70
Tabela 10 - Custo do Sistema Hidropónico.....	77
Tabela 11 - Custo da Automatização do Sistema .....	77
Tabela 12 - Custo do Sistema Fotovoltaico <i>off-grid</i> .....	78
Tabela 13 - Custo de Operações Anuais.....	78
Tabela 14 - Estimativa de Produção de Morangos .....	79
Tabela 15 - Viabilidade Económica .....	80



## **Índice de Gráficos**

Gráfico 1 - Venda de Produtos .....	56
Gráfico 2 - Origem da Água para Rega.....	57
Gráfico 3 - Qualidade da Água Proveniente da ETAR .....	57
Gráfico 4 - Demanda da Água de Rega.....	58
Gráfico 5 - Condições do Solo para Cultivo .....	58
Gráfico 6 - Preferência de Cultivo.....	59
Gráfico 7 - Receitas Anuais em Função dos Anos do Projeto .....	80

## I - INTRODUÇÃO

Cabo Verde é um país extremamente vulnerável aos fenómenos naturais, particularmente às secas, principal causa do processo de desertificação e fraqueza estrutural do sector agrícola. Esta vulnerabilidade advém, sobretudo, das condições edafo-climáticas, caracterizada pelas secas cíclicas, chuvas torrenciais e irregulares, escassez de coberto vegetal natural e uma enorme pressão humana sobre os recursos naturais existentes (DECRP, 2012-2016)<sup>1</sup>.

A aposta nas energias renováveis é considerada estruturante para o desenvolvimento do país. Em Cabo Verde o recurso a fontes renováveis na produção de energia elétrica permitirá uma maior independência energética face aos combustíveis fósseis e o acesso à energia a custos reduzidos. Por outro lado Cabo Verde também enfrenta o problema da fraca modernização do setor agrícola, que quando aliada com a utilização das energia renováveis potencializará o uso de recursos naturais consequentemente o desenvolvimento sustentável.

A natureza dos solos e o relevo são fatores determinantes na distribuição de zonas agrícolas. Apenas 10% das terras são potencialmente aráveis. Desta parcela, cerca de 95% vem sendo utilizada na agricultura de sequeiro e os restantes 5% na agricultura de regadio<sup>2</sup>

A valorização da aposta do Governo no programa de mobilização de água passa necessariamente pela modernização da agricultura, através de criação de variedades de cultivos com maior valor comercial, introdução de novas tecnologias de produção, como estufas hidropónicas e pela consequente empresarialização do sector agrícola (InfoMDR, 2012).

Segundo o representante da FAO<sup>3</sup> em Cabo Verde citado em Info-MDR (2012) “ [...] desde que chegou a Cabo Verde em 2009 esquematizou a implementação da hidroponia no país, com o argumento de que Cabo Verde precisa acompanhar as novas tecnologias, seja na poupança da água, das energias mas também no sector agrícola, pois o sector rural é um sector produtivo.”

---

<sup>1</sup> Documento Estratégico de Crescimento e Redução da Pobreza.

<sup>2</sup> 490 I SÉRIE — No 19 «B. O.» DA REPÚBLICA DE CABO VERDE — 10 DE ABRIL DE 2013

<sup>3</sup> Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

Neste contexto, com base na inovação do setor agrícola em Cabo Verde baseado na utilização das energias renováveis, implementação de tecnologias e processos modernos de cultivo elaborou-se o projeto com o tema: **Automatização de um Sistema Hidropónico Ativado com Energia Fotovoltaica.**

O projeto em questão será implementado na ilha de São Vicente, no perímetro agrícola de Tchon d'Holanda, e, tem como objetivo monitorizar todo um sistema de cultivo com base na hidroponia.

### **1.1. Justificativa**

A forte dependência face aos combustíveis fósseis em Cabo Verde é uma das principais razões para as dificuldades sentidas no setor energético, principalmente no que concerne aos elevados custos da importação dos combustíveis fósseis.

A procura atual por uma alternativa energética baseado no desenvolvimento sustentável tem motivado o crescente interesse pelas fontes de energias renováveis, pois, estes apresentam-se como uma solução de mitigação das mudanças climáticas em relação aos combustíveis fósseis. Este projeto tem por objetivo mostrar uma visão das aplicações das energias renováveis no contexto Cabo-verdiano no que diz respeito à economia, sociedade e ambiente.

O projeto apresenta-se como uma forma sustentável de empreender no setor agrícola. É necessário procurar formas de potencializar os recursos naturais existentes no país, criando tecnologias adaptadas aos sistemas de produção específicos e melhores infraestruturas de gestão de recursos naturais.

A necessidade de criar um sistema de cultivo que pudesse adaptar às condições existentes na propriedade em questão foi um dos pontos chaves para se desenvolver um projeto de cultivo hidropónico já que atualmente o solo apresenta-se como sendo podre, desprovido de substâncias nutritivas principalmente por causa do contínuo uso da água proveniente da ETAR (Estação de Tratamento de Águas Residuais).

## 1.2. Objetivo Geral

Elaborar um projeto de automatização de um sistema hidropónico, com produção em escala comercial, ativado com energia fotovoltaica a ser implementado numa propriedade agrícola em Tchon d'Holanda.

## 1.3. Objetivos Específicos

- Entender o funcionamento do cultivo hidropónico;
- Dimensionar o sistema Fotovoltaico;
- Projetar em *software* de desenhos técnicos a estrutura física do projeto;
- Automatizar o sistema;
- Analisar a viabilidade económica do projeto;

## 1.4. Hipóteses

**Hipótese 1:** A automatização no sistema de cultivo hidropónico é uma alternativa eficiente de produção.

**Hipótese 2:** A aplicabilidade das energias renováveis no setor agrícola mostrou ser viável economicamente e ambientalmente.

## 1.5. Estrutura do Trabalho

O trabalho de conclusão de curso encontra-se dividido em capítulos:

O **capítulo I** apresenta uma breve introdução do projeto, dando a conhecer o tema em questão e a sua devida delimitação. A apresentação da justificativa para a escolha do tema, os objetivos gerais e específicos, as hipóteses de pesquisa e a metodologia usada.

No **capítulo II** faz-se uma revisão bibliográfica dos vários assuntos abordados ao longo do trabalho, com ênfase na automação, PLC, cultivo hidropónico e energia fotovoltaica.

No **capítulo III** inicia-se o estudo de caso onde desenvolve-se o projeto, apresentado o local de implementação, o dimensionamento do sistema hidropónico e fotovoltaico. Faz-se a automação do sistema do projeto.

No **capítulo IV** faz-se uma análise financeira, apresentando os custos do projeto e a respetiva viabilidade económica.

Por último aborda-se as considerações finais onde descreve-se os impactos do projeto e apresenta-se uma conclusão final, com as devidas recomendações.

## **1.6. Metodologia**

Durante a realização do trabalho foram aplicados questionários aos agricultores da zona de Tchon d'Holanda sendo eles o público-alvo, a investigação feita baseou-se na investigação quantitativa.

Os métodos de pesquisa quantitativa, de modo geral, são utilizados quando se quer medir opiniões, reações, sensações, hábitos e atitudes etc. de um universo (público-alvo) através de uma amostra que o represente de forma estatisticamente comprovada (Mazato & Santos, 2013).

Determinou-se a amostra de forma não probabilística pela população ser muito específica e de disponibilidade limitada, optou-se por aplicar 20 questionários, em uma população com o total de 70 pessoas.

Para a elaboração do projeto fez-se primeiramente pesquisas bibliográfica a fim de adquirir o máximo de conhecimento possível sobre o tema em questão. Realizou-se investigação de campo para conhecer melhor o local de implementação do projeto.

Começou-se por dimensionar todo o sistema hidráulico do sistema de cultivo hidropónico para posteriormente dimensionar o sistema fotovoltaico.

## II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Automação e Controle

A engenharia de controle baseia-se no princípio da realimentação (ou retroação) e objetiva ao controle de determinadas variáveis de um sistema [...]. O especialista em controle lida com a instrumentação ou *hardware*<sup>4</sup> para medição e controle, técnicas de projetos para sistemas de controle, estratégias básicas de controle, comunicação digital, computação, programação e manutenção de sistemas de controle (Bayer & César, 2011).

A automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam (Silveira & Santos, 2002).

#### 2.1.1. Variável Controlada

Variável sobre a qual o controle atua, no sentido de manter um determinado comportamento desejável no processo (Bayer & César, 2011).

#### 2.1.2. Variável Manipulada

Qualquer variável do processo que causa uma variação rápida na variável controlada e que seja fácil de manipular (Bayer & César, 2011).

#### 2.1.3. Variável Desejada (*Setpoint*)

Sinal de entrada que estabelece o valor desejado da variável controlada. O *setpoint* e a variável controlada são expressos nas mesmas unidades (Bayer & César, 2011).

---

<sup>4</sup> É a parte física do computador, ou seja, o conjunto de aparatos eletrônicos, peças e equipamentos que fazem o computador funcionar

#### **2.1.4. Planta**

Uma planta pode ser uma parte de equipamento ou apenas um conjunto de componentes de um equipamento que funcione de maneira integrada, com o objetivo de realizar determinada operação [...] planta é qualquer objeto físico a ser controlado (como um componente mecânico, um forno, um reator químico ou uma espação nave (Ogata, 2011).

#### **2.1.5. Sistema**

Um sistema é a combinação de componentes que agem em conjunto para atingir determinado objetivo. A ideia de sistema não fica restrita apenas a algo físico. O conceito sistema pode ser aplicado a fenômenos abstratos dinâmicos, como aqueles encontrados na economia. Dessa maneira, a palavra “sistema” pode ser empregada para se referir a sistemas físicos, biológicos, econômicos e outros (Ogata, 2011).

#### **2.1.6. Distúrbios**

Um distúrbio é um sinal que tende a afetar de maneira adversa o valor da variável de saída de um sistema. Se um distúrbio for gerado dentro de um sistema, ele será chamado distúrbio interno, enquanto um distúrbio externo é aquele gerado fora do sistema e que se comporta como um sinal (Ogata, 2011).

#### **2.1.7. Controle com Realimentação**

Controle com realimentação refere-se a uma operação que, na presença de distúrbios, tende a diminuir a diferença entre a saída de um sistema e alguma entrada de referência e atua com base nessa diferença (Ogata, 2011).

## 2.2. Sistemas de Controle

Os sistemas de controle são classificados em sistemas de controle em malha aberta e sistemas de controle em malha fechada. A diferença entre esses sistemas está na forma em que o controle atua para produzir a saída desejada (Bayer & César, 2011).

### 2.2.1. Sistemas em Malha Aberta

Num sistema em malha aberta, o sinal de entrada é um sinal predefinido, baseado em experiências passadas, de forma que o sistema forneça o sinal de saída desejado. Nesse sistema, não existe informação de realimentação e é possível corrigir o sinal de entrada de forma a alcançar um sinal de saída desejado (Bayer & César, 2011).

Figura 1 - Diagrama de Blocos de um Sistema de Malha Aberta

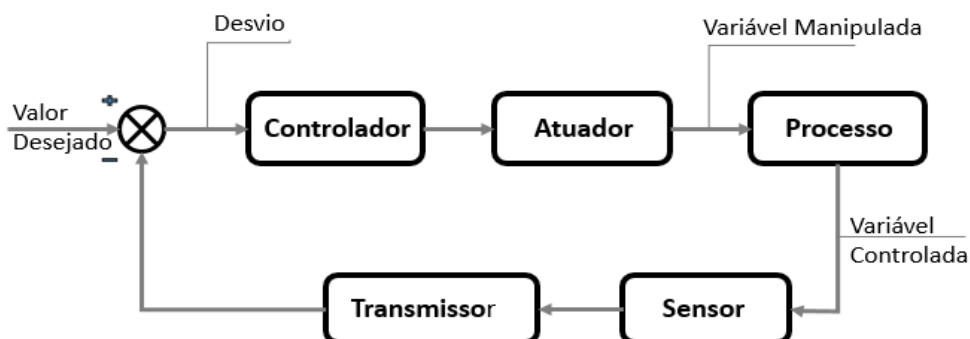


Fonte: Elaboração própria

### 2.2.2. Sistema em Malha Fechada

Num sistema em malha fechada o sinal de saída é realimentado, fazendo-se uma comparação com o sinal de entrada, o que gera um sinal corrigido que entra novamente no sistema de forma a alcançar o sinal de saída desejado (Bayer & César, 2011).

Figura 2 - Diagrama de Blocos de um Sistema em Malha Fechada



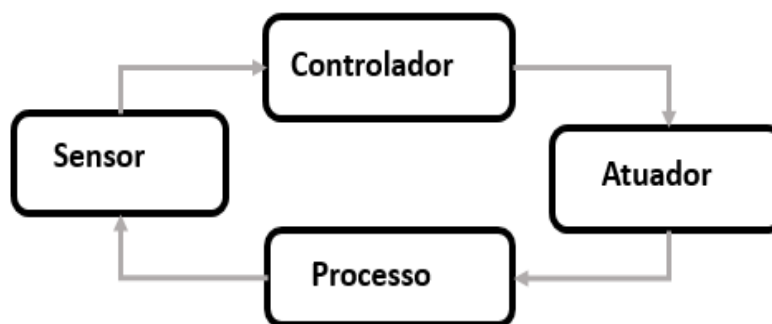
Fonte: Elaboração própria



### 2.2.3. Elementos de Controle

Com base nas informações, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada para a execução da ação e esta é uma característica de sistemas em malha fechada, conhecidos como sistemas de realimentação, ou seja: aqueles que mantêm uma relação expressa entre o valor da saída em relação ao da entrada de referência do processo [...] Para tanto são utilizados controladores que, por meio da execução algorítmica de um programa ou circuito eletrônico, comparam o valor atual com o valor desejado, efetuando o cálculo para ajuste e correção (Silveira & Santos, 2002).

Figura 3 - Diagrama de Blocos de um Sistema de Automação



Fonte: Elaboração própria

#### 2.2.3.1. Sensores

Os sensores ou transdutores utilizados em automação são dispositivos que transformam uma grandeza não elétrica numa grandeza elétrica. Ligam-se às entradas do autômato e informam-no sobre um estado, um nível, uma deslocação, uma temperatura, a presença ou ausência de um objeto, o tamanho de um objeto, a cor de um objeto, etc. (Francisco, 2003).

#### 2.2.3.2. Atuadores

São dispositivos a serem acionados para executarem uma determinada força de deslocamento ou outra ação física, definida pelo sistema controlador por meio de uma ação de controle (maneira pela qual o controlador produz o sinal de controle). Podem ser magnéticos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos ou de acionamento misto (Silveira & Santos, 2002).

### **2.2.3.2.1. Contator**

Os contadores são os elementos principais de comando eletromecânicos, que permitem o controlo de elevadas correntes por meio de um circuito de baixa corrente. O contator é caracterizado como uma chave de operação não manual, eletromagnética, com uma única posição de repouso, capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito. É constituído de uma bobina que, quando é alimentada, cria um campo magnético no núcleo fixo que atrai o núcleo móvel que fecha o circuito. Cessando a alimentação da bobina, é interrompido o campo magnético, provocando o retorno do núcleo pelas molas (Roggia & Fuentes, 2016).

### **2.2.3.2.2. Válvula de Solenoide**

Em uma electroválvula, hidráulica ou pneumática<sup>5</sup>, a bobina do solenoide é enrolada em torno de um núcleo fixo, preso à carcaça da válvula. Quando uma corrente elétrica circula através da bobina, o campo magnético gerado atrai um pistão ou um êmbolo que deveria bloquear o fluxo de ar ou fluido. Um fluxo de corrente elétrica constante é necessário, pois assim que a corrente for interrompida o campo magnético se dispersa e a válvula retorna à posição de fechamento original (Roggia & Fuentes, 2016).

### **2.2.3.3. Controlador**

Um controlador automático compara o valor real de saída da planta com a entrada de referência (valor desejado), determina o desvio e produz um sinal de controlo que reduzirá o desvio a zero ou a um valor pequeno. A maneira pela qual o controlador automático produz o sinal de controlo é chamada de ação de controlo (Ogata, 2011).

---

<sup>5</sup> Relativo ao ar ou as máquinas com funcionamento por ar comprimido

## 2.3. PLC

De acordo com Francisco (2013), os automatismos, sistemas que permitem a realização automática de operações, podem ser implementados através:

- Lógica cablada: o funcionamento do automatismo é determinado pela forma de ligação dos condutores (cablagem) entre os diferentes constituintes do automatismo (relé, temporizadores, etc.).
- Lógica programada: o elemento de comando é o autômato programável e o funcionamento do automatismo é determinado pelo programa armazenado na memória do autômato.

Segundo o NEMA<sup>6</sup>, citado por Zancan (2011), o PLC<sup>7</sup> é um aparelho eletrônico digital, que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

### 2.3.1. Breve Histórico

O primeiro PLC foi criado em 1968 por Dick Morley, funcionário da empresa *Bedford Associates*. Ele foi desenvolvido com o objetivo de substituir os armários empregados para controlar operações sequenciais e repetitivas na linha de montagem da indústria automobilística *General Motors*. Essa primeira geração de PCLs usava componentes discretos e tinha baixa escala de integração. Sua utilização só era viável quando substituíam painéis que continham mais de 300 reles (Parede & Gomes, 2011).

### 2.3.2. Vantagens

De acordo com Parede e Gomes (2011) o uso de PLCs apresenta as seguintes vantagens

- Ocupam menor espaço;

---

<sup>6</sup> *National Electrical Manufacturers Association*

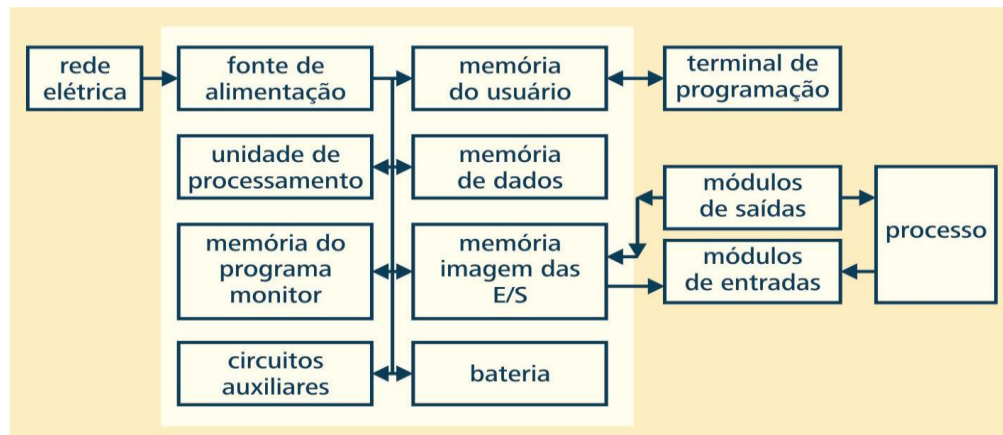
<sup>7</sup> Controlador Lógico Programável

- Requerem menor potência elétrica
- Podem ser reutilizados;
- São programáveis, permitindo alterar os parâmetros de controle;
- Apresentam maior confiabilidade;
- Manutenção mais fácil e rápida;
- Permitem maior rapidez na elaboração do projeto do sistema

### 2.3.3. Estrutura de um PLC

O PLC é um dispositivo microprocessado, constituído por um microprocessador ou um microcontrolador, um programa monitor, uma memória de programa, uma memória de dados, uma ou mais interfaces de entrada, uma ou mais interfaces de saída e circuitos auxiliares (Zancan, 2011).

Figura 4 - Estrutura Interna de um PLC



Fonte: Zancan (2011)

#### 2.3.3.1. CPU

A unidade central de processamento (CPU) gerência todo o sistema, controlando as operações realizadas pelas diferentes unidades funcionais. A principal função da CPU é controlar e executar instruções presentes na memória. Ela é responsável pelo gerenciamento total do sistema, controlando os barramentos de endereços, de dados e de controle (Parede & Gomes, 2011).

#### **2.3.3.2. Relógio**

Esta função tem por finalidade ativar/desativar uma memória ou uma saída em horários e dias da semana específicos (Zancan, 2011).

#### **2.3.3.3. Temporizador**

Esta função tem por finalidade acionar ou desligar uma memória ou uma saída de acordo com um tempo programado. É importante salientar que os temporizadores possuem vários modos de operação, tais como retardo na energização, retardo na desenergização, retardos memorizáveis, etc., cujas peculiaridades de programação serão aprofundadas através de projetos práticos (Zancan, 2011).

#### **2.3.3.4. Bateria**

A bateria utilizada em CLP tem por finalidade manter a alimentação do circuito do relógio de tempo real e manter parâmetros ou programas (quando utilizar memória do tipo RAM), mesmo em falta de energia elétrica (Zancan, 2011).

#### **2.3.3.5. Memória RAM**

RAM (*Random Access Memory*) é o tipo de memória volátil mais amplamente utilizado. Sua principal característica reside no fato de que os dados podem ser gravados e alterados facilmente, ficando a critério das necessidades do usuário. Nos PLC, são utilizadas para formar uma área de armazenamento temporário como uma espécie de rascunho de informações tanto de dados como de programas (Silveira & Santos, 2002).

#### **2.3.3.6. Memória ROM**

ROM: (*Read Only Memory*) são memórias especialmente projetadas para manter armazenadas informações que, sob hipótese alguma, poderão ser alteradas. Assim, sua única

forma de acesso é para operação de leitura. Devido a essa característica, elas se encaixam na categoria de memórias não voláteis. Num PLC, elas podem ser encontradas para o armazenamento do programa executivo. (Silveira & Santos, 2002).

### 2.3.3.8. Unidades de Entradas e Saídas

Para que um PLC, através de um programa, controle adequadamente um determinado processo, é necessário que o mesmo possua dispositivos de entrada/saídas compatíveis com as variáveis do processo e com as estratégias de controle desejadas (Zancan, 2011).

**Variáveis de entrada:** são sinais externos recebidos pelo PLC, os quais podem ser oriundos de fontes pertencentes ao processo controlado ou de comandos gerados pelo operador. Tais sinais são gerados por dispositivos como sensores diversos, chaves ou botoeiras, dentre outros (Silveira & Santos, 2002).

**Variáveis de saída:** são os dispositivos controlados por cada ponto de saída do PLC. Tais pontos poderão servir para intervenção direta no processo controlado por acionamento próprio, ou também poderão servir para sinalização de estado em painel sinótico. Podem ser citados como exemplos de variáveis de saída os contadores, válvulas, lâmpadas, displays, dentre outros (Silveira & Santos, 2002).

Tabela 1 - Dispositivos de Entradas e Saídas

Dispositivos de Entrada	Dispositivos de Saída
Chaves seletoras	Relés de controle
<i>Pushbuttons</i>	Solenoides
Sensores fotoelétricos	Partida de motores
Chaves fim-de-curso	Válvulas
Sensores de proximidade	Ventiladores
Chaves sensores de nível	Alarmes
Contatos de partida	Lâmpadas
Contatos de relés	Sirenes

Fonte: Elaboração própria adaptada de Silveira & Santos (2002)

## **2.4. Bombas**

De acordo com CRESESB (2004) existem duas categorias principais de bombas que podem ser usadas em Sistemas Fotovoltaicos isolados: centrífugas e volumétricas (de deslocamento positivo). Elas têm características e princípios de funcionamento diferentes.

### **2.4.1. Bombas Centrífugas**

Bombas Centrífugas: projetadas para alturas manométricas fixas e sua saída de água aumenta com o aumento da velocidade de rotação das pás. A eficiência destas bombas decresce para alturas manométricas e vazões distantes do seu ponto de projeto.

As características de operação das bombas centrífugas adequam-se razoavelmente bem à saída do arranjo fotovoltaico (CRESESB, 2004).

Existem duas classes principais de bombas centrífugas: as submersíveis e as de superfície. As submersíveis trabalham “afogadas” enquanto as de superfície necessitam de um cano para sucção. Para as bombas de superfície recomenda-se uma altura de sucção máxima de aproximadamente 6 metros. Alguns modelos, como as Auto aspirantes, podem possuir alturas de sucção (CRESESB, 2004).

### **2.4.2. Bombas Volumétricas**

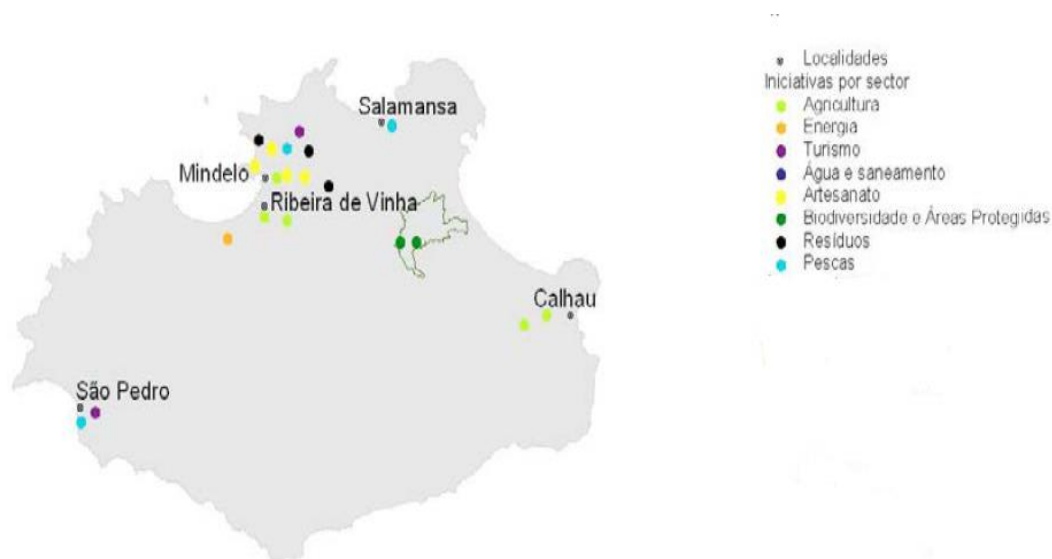
São adequadas quando se deseja atingir grandes alturas manométricas com pequenos ou moderados volumes de água. A eficiência das bombas volumétricas aumenta com o aumento da altura manométrica. Além disso, a saída de água das bombas volumétricas é quase independente da altura manométrica. Estes tipos de bombas movem um volume de água por meio de um pistão ou cavidade, deslocando a água com outra quantidade de água e, assim, sucessivamente (CRESESB, 2004).

## 2.5. Enquadramento do Setor agrícola em São Vicente

De acordo com o INE<sup>8</sup> (2015), o sector agrícola constituiu um importante fator de desenvolvimento económico e social de Cabo Verde, devendo continuar a ser um dos vetores mais importantes do desenvolvimento do país, que tem vindo a registar diversos investimentos na modernização da agricultura (irrigação gota-a-gota, novas tecnologias de produção, culturas protegidas e hidropónicas, capacitação profissional na investigação agrária e transferência de conhecimentos aos agricultores) e em especial na mobilização e captação de água, (na melhoria da gestão dos recursos hídricos, nas energias renováveis na bombagem de água etc.).

São Vicente constitui um mercado muito atrativo para vários sectores da economia verde. A par da sua dimensão, o desenvolvimento económico, social e cultural que caracterizam o Mindelo, fazem da cidade um centro consumidor informado, exigente e com poder de compra, condições favoráveis a comercialização de produtos que invistam em fatores de diferenciação positiva e valor acrescentado, como a qualidade, a segurança e a sustentabilidade (PAENCE, 2017).<sup>9</sup>

Figura 5 - Mapeamento das Iniciativas Verdes de Diferentes Setores em São Vicente



Fonte: PAENCE (2017)

<sup>8</sup> Instituto Nacional de Estatística

<sup>9</sup> Programa de apoio à estratégia nacional de criação de emprego em Cabo Verde



Na ilha de São Vicente a prática agrícola se concentra principalmente nas zonas de Ribeira de Vinha e Calhau, sendo necessário o seu desenvolvimento, tendo em conta a grande potencialidade da ilha em termos de poder de compra.

Ainda de acordo com PAENCE (2017) o mercado do sector agrícola em São Vicente constitui uma oportunidade para a produção local, por exemplo, de hortícolas e pequenos frutos (ex. morangos) em produção orgânica e hidropónica, além da transformação de produtos agroalimentares de qualidade, mas também para os centros produtores situados noutras ilhas, sobretudo as mais próximas, como Santo Antão e São Nicolau.

## **2.6. Cultivo Hidropónico**

O termo hidropónico é aplicado a um conjunto de técnicas empregadas no cultivo de plantas sem a utilização de solo, de forma que os nutrientes minerais são fornecidos através de uma solução nutritiva balanceada para as necessidades da planta que se deseja cultivar (Neto, 2017).

### **2.6.1. Tipos de Sistemas Hidropónicos**

Os sistemas hidropónicos podem ser classificados quanto ao sistema de suporte (orgânicos, inorgânicos ou solução nutritiva), quanto a circulação da solução nutritiva e quanto a oxigenação da solução. De acordo com Silva & Melo (2013) os principais tipos de sistema hidropónico determinam estruturas com características próprias, entre os mais utilizados estão:

- i) **Sistema NFT** (*Nutrient film technique*) ou técnica do fluxo laminar de nutrientes composto basicamente de um tanque de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento, dos canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva é bombeada aos canais e escoia formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes (Silva & Melo, 2013).

Figura 6 - Técnica de Fluxo Laminar (NFT)



Fonte: [www.cpt.com.br](http://www.cpt.com.br)

- ii) **Sistema DFT** (*Deep film technique*) ou cultivo na água ou “*floating*”, a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) na qual as raízes ficam submersas. Não existem canais, e sim uma mesa plana em que a solução circula por meio de um sistema de entrada e drenagem característico (Silva & Melo, 2013).

Figura 7 - Sistema DFT



Fonte: [www.ciorganicos.com.br](http://www.ciorganicos.com.br)

- iii) **Sistema com substratos:** para a sustentação de hortaliças frutíferas, de flores e outras culturas, cujo sistema radicular e cuja parte aérea são mais desenvolvidos, utilizam-se canais ou vasos cheios de material inerte, como areia, pedras diversas, vermiculita<sup>10</sup>, perlite (vidro vulcânico), lã-de-rocha<sup>11</sup>, espuma fenólica<sup>12</sup>, a solução

---

<sup>10</sup> Mineral formado essencialmente por hidratados de alumínio e magnésio

<sup>11</sup> Fabricada a partir de rochas basálticas especiais e outros minerais quando são aquecidos a 1500°C

<sup>12</sup> Substrato estéril, criado à base de resina fenólica, livre de fungos e bactérias e utilizado no enraizamento de mudas

nutritiva é percolada através desse material e drenada pela parte inferior dos vasos ou canais, retornando ao tanque de solução (Silva & Melo, 2013).

Figura 8 - Cultivo com Substrato



Fonte: [www.rbsdirect.com.br](http://www.rbsdirect.com.br)

### 2.6.2. Componentes

A estrutura básica para o sistema de Cultivo Hidropônico é o reservatório de solução nutritiva, conjunto motobomba, tubulação de distribuição de solução nutritiva, canais de cultivo e a estrutura de proteção.

Figura 9 - Esquema de um Sistema Hidráulico



Fonte: [www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm](http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm)

### 2.6.2.1. Estrutura de Proteção

A hidroponia se faz no modo de cultivo protegido, ou seja, utiliza-se uma cobertura como proteção para as intempéries mais fortes como ventos e chuvas. Isto protege não só o equipamento como a própria produção, permitindo ao produtor uma maior garantia na entrega de seu produto (Hidrogood, 2016).

Figura 10 - Estrutura em Ambiente Protegido para Hidroponia



Fonte: [www.hidrogood.br](http://www.hidrogood.br)

### 2.6.2.2. Reservatório

Os reservatórios ou tanques de solução podem ser construídos de material diverso, como plástico PVC, fibra de vidro ou de acrílico, fibrocimento e alvenaria. Os tanques de plástico PVC e de fibra têm sido os preferidos em virtude do menor custo, facilidade de manuseio e, por serem inertes, não necessitarem de nenhum tratamento de revestimento (Silva & Melo, 2013).

O tamanho do reservatório dependerá do número de plantas e das espécies que serão cultivadas. Deve-se obedecer ao limite mínimo de 0,1-0,25 L/planta para mudas, de 0,25-0,5 L/planta para plantas de pequeno porte (rúcula, almeirão), de 0,5-1,0 L/planta para plantas de porte médio (alface, salsa, cebolinha, agrião, manjeriço, morango, cravo, crisântemo), de 1,0-5,0 L/planta para plantas de maior porte. Quanto maior a relação entre o volume do tanque e o número (Silva & Melo, 2013).

### **2.6.2.3. Bomba**

As bombas usadas em hidropônica são geralmente do tipo centrífugo e são acionadas por motores elétricos, necessários para promover a circulação da solução nutritiva (Carrijo & Makishima, 2000).

Para escolher um conjunto motobomba, deve-se conhecer:

- A vazão total necessária em litros.
- A altura manométrica total em metros de coluna d'água.
- O rendimento da bomba e do motor.

A vazão total é a soma da vazão necessária para abastecimento das plantas mais uma vazão de retorno de 20% a 50% para a aeração da solução. A vazão para abastecimento das plantas é calculada multiplicando-se o número de canais ou calhas a serem abastecidos simultaneamente pela vazão por canal nos sistemas fechado (Carrijo & Makishima, 2000).

A vazão adequada no sistema hidropônico é 1,5 litro/minuto – 2,0 litros/minuto por canal de cultivo (Carrijo & Makishima, 2000).

Ainda de acordo com Carrijo & Makishima (2000) a altura manométrica em uma unidade hidropônica é a soma da altura geométrica de recalque, mais a altura de sucção, mais as perdas de carga nas tubulações e conexões. A altura geométrica de recalque é a distância vertical do eixo da bomba até a saída do tubo de alimentação das calhas. A altura de sucção é a distância vertical do nível da solução no reservatório até o eixo da bomba.

A perda de carga máxima permitida nas tubulações é estimada em 20% a 30% da soma das alturas geométricas de sucção e recalque, enquanto a perda da carga nas conexões (registros, cotovelos) de 5%. O rendimento ou a eficiência da bomba em média é estimado em 70% e, nos motores elétricos, em 90% (Carrijo & Makishima, 2000).

### **2.6.2.4. Temporizador**

A circulação da solução nutritiva é comandada por um sistema regulador de tempo, ou temporizador. Este equipamento permite que os tempos de irrigação e drenagem ocorram de

acordo com a programação que se deseja. Existem no mercado desde temporizadores mecânicos com intervalos de 10 por 10 ou 15 por 15 ou 20 por 20 min, até temporizadores eletrônicos com intervalos variados de segundos a minutos. O tempo de irrigação varia muito entre os sistemas, bancadas, regiões, tipos de cobertura, variedade cultivada (Furlani, et al., s.d.).

#### **2.6.2.5. Bancadas e Canais de Cultivo**

Segundo Furlani *et al.* (1999) *cit in.* (Silva & Melo, 2013), a bancada ou mesa de cultivo é onde são colocadas as mudas, ou seja, onde vai ocorrer o plantio propriamente dito. As plantas permaneceram nas bancadas até a sua colheita.

As dimensões das bancadas normalmente obedecem a certos padrões, que podem variar de acordo com a espécie vegetal e com o tipo de canal utilizado. No que se refere à largura, a bancada deve ter: até 1,0 m de altura e 2,0 m de largura. É necessária uma declividade de 2 a 4% no comprimento dos canais que conduzem a solução nutritiva. Além disso, é recomendável que o comprimento da bancada não ultrapasse 15 metros, quando se utilizar 1,0 litro/minuto de solução nutritiva por canal, devido, principalmente, à possibilidade de escassez de oxigênio (Silva & Melo, 2013).

#### **2.6.3. Soluções Nutritivas**

Na hidroponia todos os nutrientes são oferecidos as plantas na forma de solução. Esta solução é preparada com sais fertilizantes. (Silva & Melo, 2013).

De acordo com o tipo de cultivo utiliza-se nutrientes em quantidades específicas. O quadro abaixo indica a quantidade de nutrientes em g/Kg de solução nutritiva, onde temos: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) para determinados cultivos:

Tabela 2 - Nutriente para Cultivo Hidropônico

Cultivo	K	N	P	Ca	Mg	S
Alface	1,00	0,62	0,09	0,31	0,08	0,03
Tomate	1,00	1,25	0,15	0,17	0,15	0,16
Pimentão	1,00	0,90	0,10	0,50	0,16	-
Morango	1,00	0,67	0,10	0,67	0,27	0,10

Fonte: Silva & Melo (2013)

Nos sistemas hidropônicos fechados existe a necessidade de se renovar a solução nutritiva, segundo Makishina & Carrijo (2000) não há concordância entre os pesquisadores quanto aos períodos de renovação da solução. No entanto, como referência, pode-se dizer que, para culturas de ciclo curto, a solução deve ser renovada a cada ciclo, e para as de ciclo longo, em torno de 60 dias. A necessidade da renovação depende dos níveis de modificação na solução e das dificuldades de correção da concentração.

#### 2.6.4. Principais Parâmetros do Cultivo Hidropônico

Existe diversos fatores que se deve levar em conta para obter melhores resultados no cultivo Hidropônico, entre eles destacam-se:

**PH das soluções nutritivas:** de um modo geral as plantas têm capacidade de ser cultivadas em uma faixa de pH bastante ampla, que pode ser de 4 a 8. No entanto, o pH ideal para a maioria das culturas se encontram na faixa de 5 a 7 (Neto, 2017).

**A temperatura** da solução não deve ultrapassar os 30°C, sendo que o ideal para a planta é a faixa de 18°C a 24° C em períodos quentes (verão) e 10°C a 16°C em períodos frios (inverno) (Silva & Melo, 2013).

**Condutividade elétrica:** determina quanto adubo há na solução (quantidade de iões). Quanto mais iões tivermos na solução, maior será a condutividade elétrica, e vice-versa. As medidas

ideais da solução ficam na faixa de 1,5 a 3,5 miliSiemens/cm, que corresponde a 1.000 à 1.500 ppm<sup>13</sup> de concentração total de iões na solução (Silva & Melo, 2013).

Tabela 3 - Parâmetros de cultivos

Cultivo	Ph	Condutividade (mS/cm)	Ciclo de Cultivo (ano)
Alface	6,0 – 6,5	1,5 – 2,5	1
Tomate	5,5 – 6,7	2,5 – 3,0	2
Morango	5,3 – 6,5	1,5 – 2,0	4
Pimentão	5,5 – 6,5	-	4

Fonte: Elaboração própria adaptado (Neto & Barreto, 2012).

### 2.6.5. Cultivo Tradicional versus Cultivo Hidropónico

Enquanto em um sistema convencional de cultivo a fonte de fornecimento dos nutrientes para as plantas se dá através do solo, absorvendo grande demanda de água na sua irrigação, no sistema de cultivo hidropónico, as plantas absorvem seus nutrientes através de solução nutritiva previamente preparada e acrescida em água, ou seja, o manejo é realizado sem o uso do solo, e com uma quantidade de água relativamente baixa comparada ao sistema anterior (Silva, et al., 2019).

### 2.6.6. Vantagens e Desvantagens

O sistema hidropónico é utilizado por possuir inúmeras vantagens, no entanto existem algumas desvantagens.

<sup>13</sup> Massa de soluto em µg (micrograma), existente em 1 g de solução.



Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens do Cultivo Hidropónico

Produção de melhor qualidade	Maior investimento inicial
Trabalho mais leve e limpo	Necessidade de conhecimentos técnicos
Não é necessária rotação de cultura	Dependência de energia elétrica
Alta produtividade e colheita	Uso de gerador de energia própria
A hidropónica se cultiva em meio limpo e sem o acúmulo de doenças	O balanço inadequado da solução nutritiva e podem causar sérios problemas às plantas
Menor uso de agrotóxico	
As plantas crescem em um ambiente controlado, livre de efeitos climáticos	
Menor uso de mão-de-obra	
Maior tempo de prateleira	

Fonte: Elaboração própria adaptado de Silva et al., (2019)

## 2.7. Recurso Solar

O Sol é a estrela mais próxima da Terra, tem um diâmetro equatorial de cerca de 1 390 000 Km e a Terra tem um diâmetro equatorial de 12 756 km e distam, em média, 149 600 000 Km ou 1 unidade astronómica (U.A.) (Loureiro, 2017).

O Sol fornece energia na forma de radiação. Devido a grande distância entre o Sol e a Terra, apenas uma pequena parte da radiação solar emitida atinge a superfície terrestre, sendo que somente cerca de 1 kW/m<sup>2</sup>, dos 62,5 kW/m<sup>2</sup> emitidos pelo sol, chegam à superfície terrestre (Santos, 2011).

### 2.7.1. Radiação Solar

A intensidade da radiação solar fora da atmosfera, depende da distância entre o Sol e a Terra. Durante o decorrer do ano, pode variar entre 1,47 x 10<sup>8</sup> km e 1,52 x 10<sup>8</sup> km. Devido a este facto, a radiação E<sub>0</sub> varia entre 1.325 W/m<sup>2</sup> e 1.412 W/m<sup>2</sup>. O valor médio é designado por constante solar, E<sub>0</sub> = 1.367 W/m<sup>2</sup> (ALTERNER, 2004).

Ao atravessar a atmosfera, a energia ou a radiação solar tem perdas de absorção, difusão e reflexão. Ocorre a absorção quer pela atmosfera composta por CO<sub>2</sub>, vapor de água, ozono (absorve as radiações UV), partículas sólidas (absorvem as radiações infravermelhas), quer pela superfície terrestre. A radiação solar absorvida pela superfície terrestre converte-se em energia calorífica, aquecendo a superfície e atingindo o equilíbrio térmico (Loureiro, 2017).

De acordo com Pereira e Oliveira (cit. in Ovelha, 2017) quando incidente num qualquer recetor, a radiação solar pode ser dividida em três principais componentes:

- Radiação Direta: representa todos os raios solares que são recebidos pelo recetor quando em linha reta com sol, ou seja, a que incide diretamente na superfície.
- Radiação Difusa: diz respeito a luz solar recebida de forma indireta, ou seja, que é proveniente da difração nas nuvens, nevoeiro, poeiras suspensas na atmosfera, assim como de outros obstáculos atmosféricos.
- Radiação Refletida no Albedo: refere-se a radiação que é proveniente do solo e com origem na reflexão da radiação incidente em nuvens e na superfície terrestre. O termo albedo traduz-se como a razão entre a radiação refletida e a incidente.

Figura 11 - Luz Solar no seu Percurso Através da Atmosfera



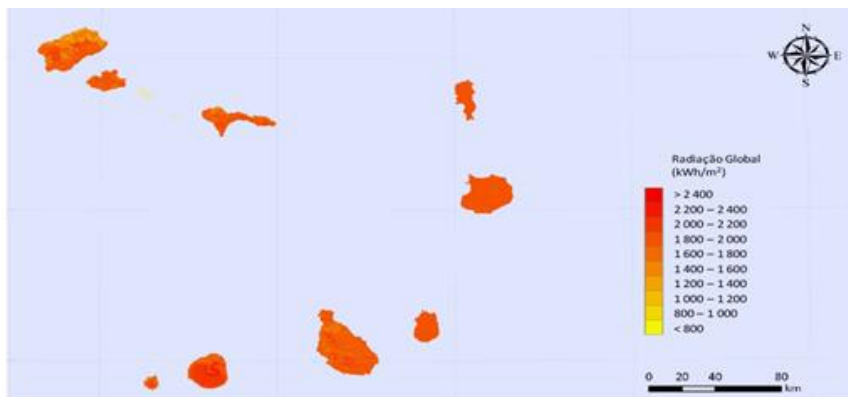
Fonte: GREENPRO (2004)

### 2.7.2. Recurso Solar em São Vicente

De acordo com mapeamento do recurso solar realizado pela GESTO (2011) pode afirmar-se que Cabo Verde tem um recurso solar abundante. Em termos de média anual, grande parte do território apresenta uma radiação global entre 1 800 aos 2 000 kWh/m<sup>2</sup>/ano, para a

inclinação e exposição natural do terreno. Relativamente ao número de horas de sol no território, mais de metade do território apresenta mais de 3 750 horas de sol por ano.

Figura 12 - Radiação Anual em Cabo verde

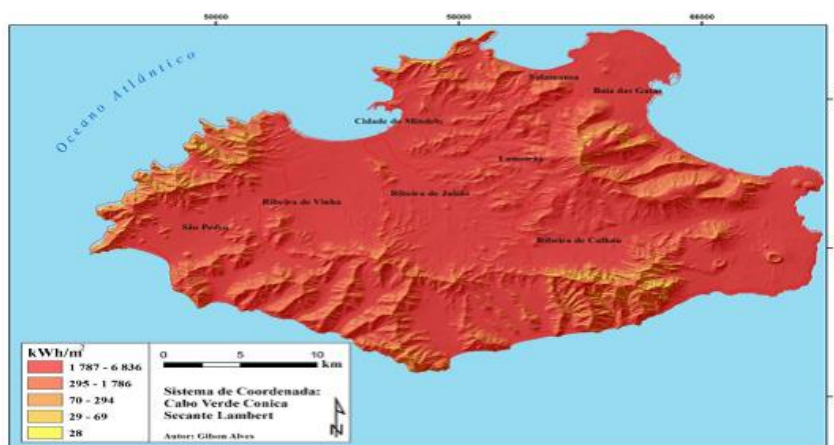


Fonte: Gesto (2011)

As melhores áreas das ilhas em estudo apresentam níveis de radiação global em pleno plano horizontal entre 2 070 kWh/m<sup>2</sup>/ano e 2 175 kWh/m<sup>2</sup>/ano, assumindo-se um valor indicativo para as zonas com potencial do arquipélago de 2 130 kWh/m<sup>2</sup>/ano (GESTO, 2011).

O valor energético solar na ilha de São Vicente, nos vários meses do ano é substancial, o que comprova o grande potencial da ilha em termos de recurso energético solar. Entre os meses de maio a agosto registam-se maiores incidências da radiação solar na ilha, sendo maio o mês com maior disponibilidade de energia solar, com uma máxima 187,46 kWh/m<sup>2</sup> (Alves, 2013).

Figura 13 - Radiação solar Anual (2012) na ilha de São Vicente em kWh/m2



Fonte: Alves (2013)

No mapa segundo Alves (2013) constata-se a forte incidência da radiação solar, em quase toda a ilha, com uma variação mínima próximo dos 28 kWh/m<sup>2</sup> e o máximo de 6800 kWh/m<sup>2</sup>. As áreas de menor incidência da radiação solar, correspondem as áreas mais montanhosas, onde a orografia cria áreas sombrias e dificulta a incidência da radiação solar. Estes casos verificam-se mais a sul, sudoeste, também a nordeste da ilha. A ilha apresenta uma média da radiação solar anual de cerca de 2210 kWh/m.

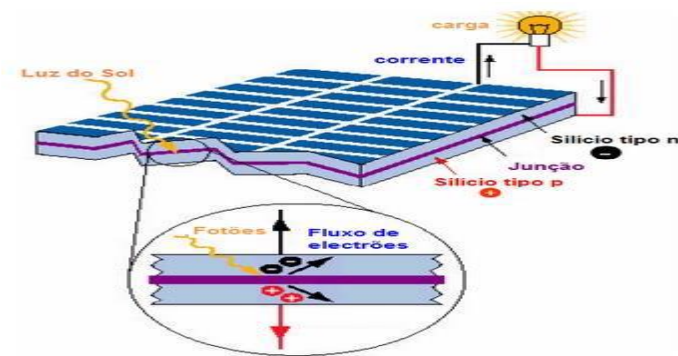
### 2.7.3. Energia Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta da energia solar radiante em energia elétrica, denominada de efeito fotovoltaico e é realizada pelos dispositivos fotovoltaicos (CRESESB, 2004).

#### 2.7.3.1. Efeito Fotovoltaico

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmund Becquerel, que produziu uma corrente elétrica ao expor à luz dois elétrodos de prata num eletrólito. Em 1877, W.G. Adams e R. E. Day construíram a primeira célula solar baseada em dois elétrodos de selénio que produziam uma corrente elétrica quando expostos a radiação mas a eficiência destes sistemas era tão reduzida que o desenvolvimento de células solares realmente interessantes teve que esperar por uma compreensão mais completa dos materiais semicondutores (Brito & Silva, 2006).

Figura 14 - Efeito Fotovoltaico em um Módulo



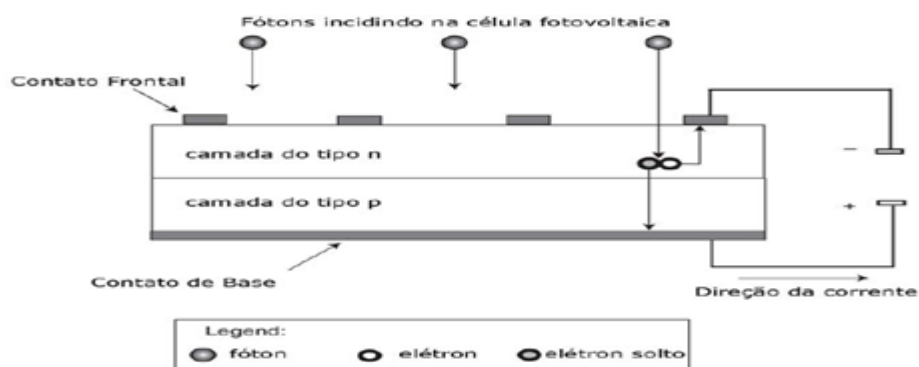
Fonte: Loureiro (2017).

### 2.7.3.2. Células Fotovoltaicas

A conversão da energia solar em energia elétrica é obtida utilizando-se material semicondutor como elemento transformador, conhecido como célula fotovoltaica ou célula solar (CRESESB, 2004).

Se um semicondutor pn (célula solar) é exposto à luz, os fótons são absorvidos pelos eletrões. As ligações entre eletrões são quebradas por este fornecimento de energia. Os eletrões libertados são conduzidos através do campo elétrico para a área n. As lacunas assim criadas seguem na direção contrária para a área p. Todo este processo é denominado por efeito fotovoltaico (Santos, 2011).

Figura 15 - Secção Transversal de uma Célula Fotovoltaica.



Fonte: Torres (2012)

### 2.7.3.3. Tipos de Células Fotovoltaicas

De acordo com Freitas (2008) os principais tipos de células fotovoltaicas são:

**O silício monocristalino** é o material mais usado na composição das células fotovoltaicas, atingindo cerca de 60% do mercado. A uniformidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico. As células monocristalinas foram as primeiras a serem elaboradas a partir de um bloco de silício cristalizado num único cristal.

**O silício policristalino**, constituído por um número muito elevado de pequenos cristais da espessura de um cabelo humano, dispõe de uma quota de mercado de cerca de 30%. As descontinuidades da estrutura molecular dificultam o movimento de eletrões e encorajam a recombinação com as lacunas, o que reduz a potência de saída.

**As células amorfas** são compostas por um suporte de vidro ou de outra matéria sintética, na qual é deposta uma camada fina de silício (a organização dos átomos já não é regular como num cristal). O rendimento deste tipo de células é mais baixo do que nas células cristalinas mas, mesmo assim, a corrente produzida é razoável.

#### 2.7.3.4. Associação de Células e Módulos Fotovoltaicos

Módulos e células fotovoltaicos podem ser associados em série e/ou paralelo com o objetivo de fazer com que os níveis de tensão e corrente sejam os ideais para o sistema.

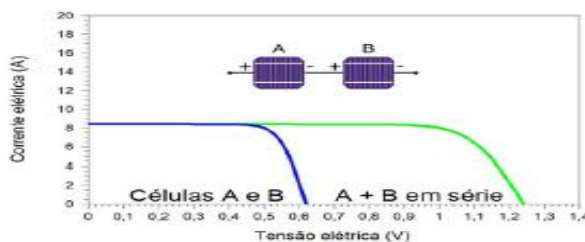
De acordo com Pinho e Galdino (2014) os tipos de associação são:

- **Associação em série**

Na conexão em série, o terminal positivo de um dispositivo fotovoltaico é conectado ao terminal negativo do outro dispositivo, e assim por diante. Para dispositivos idênticos e submetidos à mesma radiação, quando a ligação é em série, as tensões são somadas e a corrente elétrica não é afetada. Ou seja:

$$V = V^1 + V^2 + \dots + V_n \quad I = I^1 = I^2 = \dots = I_n$$

Figura 16 - Células Ligadas em Série



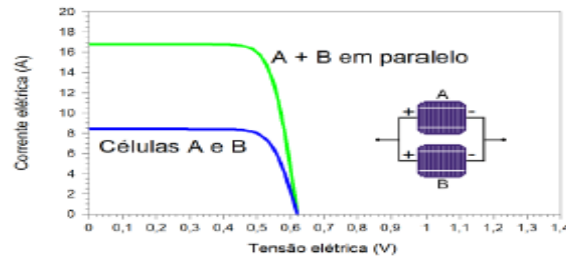
Fonte: Pinho e Galdino (2014)

- **Associação em paralelo**

Na associação em paralelo, os terminais positivos dos dispositivos são interligados entre si, assim como os terminais negativos. As correntes elétricas são somadas, permanecendo inalterada a tensão. Ou seja:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad V = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

Figura 17 - Células Ligadas em Paralelo



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

### 2.7.3.5. Principais Componentes dos Sistemas Fotovoltaicos

Sistemas Fotovoltaicos são um conjunto de elementos necessários para converter diretamente a energia solar em energia elétrica.

#### 2.7.3.5.1. Módulos

A reduzida potência das células solares justifica a ligação de várias células no fabrico dos módulos fotovoltaicos, ou seja, o encadeamento de células. A interligação de células pode ser feita com os diversos tipos existentes de células solares, sendo por fim aplicado o contacto posterior, criando assim uma ligação elétrica desde o contacto posterior de uma célula até ao contacto frontal da célula seguinte, estando as tiras celulares interligadas em série (Santos, 2011).

De acordo com CRESESB (2004) a potência dos módulos é geralmente dada pela potência de pico, expressa em Wp, mas nem sempre esta é suficiente para uma comparação entre diferentes tipos de módulos. Sendo assim, outros parâmetros precisam ser analisados para a

seleção do tipo de módulo mais apropriado para cada tipo de sistema. Dentre estes parâmetros, pode-se destacar:

- Tensão do Circuito Aberto ( $V_{oc}$ );
- Corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ );
- Potência Máxima ( $P_m$ );
- Tensão de Potência Máxima ( $V_{mp}$ );
- Corrente de Potência Máxima ( $I_{mp}$ ).

### 2.7.3.5.2. Bateria

Uma bateria é um conjunto de células ou vasos eletroquímicos, conectados em série e/ou em paralelo, capazes de armazenar energia elétrica na forma de energia química por meio de um processo eletroquímico de oxidação e redução (redox) que ocorre em seu interior (Pinho & Galdino, 2014).

Para caracterizar uma bateria, é necessário ter em conta alguns fatores, entre eles a sua tensão, densidade e energia específica, rendimento energético, capacidade (quantidade máxima de energia elétrica que a bateria pode fornecer durante o seu processo de descarga e até a descarga estar completa), auto descarga (percentagem de descarga da bateria mesmo quando não é utilizada), ciclos de vida (número de vezes que bateria pode carregar/descarregar durante a sua vida útil) e profundidade de descarga (Ovelha, 2017).

As baterias podem ser classificadas em duas categorias, primária e secundária. As baterias primárias não podem ser recarregadas, ou seja, uma vez esgotados os reagentes que produzem energia elétrica, devem ser descartadas. As secundárias podem ser recarregadas através da aplicação de uma corrente elétrica aos seus terminais. Os sistemas fotovoltaicos utilizam baterias do tipo recarregáveis sendo as de chumbo ácido e as de níquel-cádmio as mais comuns (Freitas, 2008).

**As baterias de chumbo-ácido** são constituídas por uma solução aquosa de ácido sulfúrico. São formadas por elementos constituídos por duas placas de polaridades opostas, isoladas entre si e banhadas pela solução de ácido sulfúrico. A célula eletroquímica de chumbo-ácido



possui uma tensão nominal de 2Vcc. Assim várias destas células são ligadas em série de modo a obter nos terminais da bateria valores de tensão desejáveis (Freitas, 2008).

**As baterias de níquel-cádmio** são também utilizadas em sistemas de geração de energia elétrica fotovoltaica. Apresentam uma estrutura física semelhante às das baterias chumbo-ácido, utilizando hidróxido de níquel para as placas positivas, óxido de cádmio para as placas negativas e hidróxido de potássio para o eletrólito (Freitas, 2008).

**A bateria de gel** de chumbo constitui uma versão melhorada da normal bateria de ácido de chumbo. Neste caso, o ácido sulfúrico é imobilizado pelo recurso a aditivos, passando a ter a consistência de um gel (ALTERNER, 2004).

#### **2.7.3.5.3. Inversor**

De acordo com Ovelha (2017) os inversores são dispositivos utilizados para fazer a ligação entre o gerador fotovoltaico (conjunto de módulos fotovoltaicos) e a carga AC dos equipamentos ou a rede. Tem o objetivo de converter o sinal elétrico DC proveniente do gerador fotovoltaico em sinal AC, sendo que, numa fase posterior, ajusta o sinal para a frequência e nível de tensão da rede à qual está ligado.

Estes equipamentos podem ser utilizados para vários tipos de configurações:

- Sistemas ligados à rede;
- Sistemas desligados da rede com baterias recarregáveis;
- Sistemas de bombeamento com baterias de armazenamento.

#### **2.7.3.5.4. Controlador de Carga**

Controladores de carga são incluídos na maioria dos Sistemas Fotovoltaicos, com os objetivos básicos de facilitar a máxima transferência de energia do arranjo fotovoltaico para a bateria ou banco de baterias e protegê-las contra cargas e descargas excessivas, aumentando, conseqüentemente, a sua vida útil. Denominações do tipo “Gerenciador de Carga”, “Controlador de Carga” ou “Controlador de Tensão” também são comuns e referem-se a controladores de carga com diferentes níveis de sofisticação (CRESESB, 2004).

Segundo a ALTERNER (2004) existem os seguintes tipos de controladores:

**Controladores Série:** quando se atinge a tensão máxima de carga, o controlador série interrompe a entrega de potência do módulo, através de um relé ou de um semicondutor S1, voltando a fechar o circuito após uma determinada redução da tensão. Estas constantes comutações “*on-off*” criam oscilações da tensão perto da tensão máxima de carga, bem como perdas permanentes de energia. Tendo em conta estas desvantagens foram desenvolvidos os controladores de carga de regulação constante.

**Controladores *Shunt*** (ligação em paralelo): reduz continuamente a potência do módulo, a partir do momento em que é atingida a tensão máxima de carga da bateria. Neste caso, como o gerador continua a gerar energia, a corrente é regulada e curto-circuitada através de um elemento *Shunt* (elemento controlado). A energia não aproveitada é assim dissipada sob a forma de calor.

**Controladores de Carga MPP:** regulação é executada pelo rastreador MPP, que em cada cinco minutos varre a curva característica I-U do gerador fotovoltaico e determina o ponto MPP. O conversor DC/AC é então regulado de modo a tomar a máxima potência disponível do gerador fotovoltaico, ajustando por outro lado o sinal de saída em função da tensão de carga da bateria.

### 2.7.3.5.5. Sistemas Fotovoltaicos

Podem ser encontrados três tipos principais de Sistemas Fotovoltaicos: isolados, híbridos ou conectados à rede.

**Sistemas Fotovoltaicos Isolados:** para Freitas (2008) um sistema fotovoltaico isolado é concebido para alimentar um conjunto de cargas sem a presença da rede elétrica, durante todo o ano. Assim, o dimensionamento do painel é normalmente efetuado com base na radiação disponível no mês com menor radiação solar. Em conjunto com o painel solar o sistema deve incluir também:

- Baterias, de modo a assegurar a alimentação dos consumos nos períodos em que o recurso (radiação solar) não está disponível. As baterias são carregadas sempre que a radiação solar disponível permite gerar uma potência superior a potência de carga da bateria;
- Controlador de carga para efetuar a gestão da carga da bateria;
- Inversor, no caso de haver cargas a alimentar em CA.

**Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede:** ainda de acordo com Freitas (2008) os sistemas ligados à rede entregam toda a energia que a radiação solar lhes permite produzir a rede. Para tal é necessário um inversor que faz a interface entre o painel e a rede, de modo a converter a energia produzida em DC pelo painel para AC exigida pela rede.

De acordo com ALTERNER (2004) um sistema fotovoltaico com ligação a rede é composto, normalmente, pelos seguintes componentes:

- Gerador fotovoltaico (vários módulos fotovoltaicos dispostos em série e em paralelo, com estruturas de suporte e de montagem)
- Caixa de junção (equipada com dispositivos de proteção e interruptor de corte principal DC)
- Cabos AC-DC
- Inversor
- Mecanismo de proteção e aparelho de medida

**Sistema Fotovoltaico Híbrido:** os sistemas fotovoltaicos são utilizados para alimentar as cargas em conjunto com outros sistemas que utilizam fontes de energias renováveis, como por exemplo sistemas eólicos, ou sistemas convencionais como o gerador *diesel* (Freitas, 2008).

## 2.8. Manutenção

A manutenção pode ser definida como o conjunto de ações destinadas a assegurar o bom funcionamento dos equipamentos e dos sistemas, garantindo que são intervencionados nas oportunidades e com o alcance certos, de acordo com as boas práticas técnicas e exigências legais, de forma a evitar a perda de função ou redução do rendimento (Cabral, 2016).

Existem os seguintes tipos de manutenção:

**Manutenção preventiva:** a que é realizada com o objetivo de evitar avarias, perda ou redução de função. Para Cabral (2016) existe dois tipos de manutenção preventiva:

- Manutenção preventiva sistemática: quando a oportunidade da intervenção é determinada cegamente a partir de intervalos pré-definidos de tempo de calendário ou outra unidade conveniente (horas, quilómetros, ciclos, etc.).
- Manutenção preventiva condicionada; quando a oportunidade da intervenção é determinada a partir de sintomas apreendidos em inspeção ou controlo de funcionamento antes de ter ocorrido perda de função (Cabral, 2016).

**Manutenção corretiva:** a manutenção não programável com antecipação, que é realizada na sequência de uma avaria ou perda de função (Cabral, 2016).

### III - ESTUDO DE CASO

O projeto seguinte caracteriza-se pela utilização de tecnologias de automação e utilização de energia fotovoltaica no processo de produção de um determinado cultivo em escala comercial.

Este projeto visa corresponder à demanda do mercado local de forma eficiente e produtivo já que pretende-se implementar um sistema de controlo feito a partir de um Controlador Lógico Programável. O controlo correto dos processos do sistema de cultivo hidropónico proporcionará ao final deste uma maior produtividade e melhor qualidade do produto.

No que concerne a localização de projeto optou-se por implementá-lo numa propriedade privada, localizada na zona agrícola de Tchon d'Holanda em Ribeira de Vinha, na ilha de São Vicente.

Para uma análise mais detalhada do projeto identificou-se as oportunidades disponíveis para a sua implementação juntamente com os respetivos pontos fortes, pontos fracos e ameaças através da matriz *Swot*<sup>14</sup>.

Tabela 5 - Fatores Internos Matriz *Swot*

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Localização geográfica privilegiada</li><li>• Terreno disponível</li><li>• Competência no domínio em energias renováveis e sistemas automatizados</li><li>• Conhecimento das áreas tecnológicas e de inovação</li><li>• Baixo consumo de água com o sistema hidropónico</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reduzida disponibilidade de água</li><li>• Transporte deficitário para exploração de mercadorias e importação de matérias-primas</li><li>• Inexistência de uma unidade de transformação alimentar no projeto.</li><li>• Elevado custo inicial</li></ul>

Fonte: Elaboração própria

---

<sup>14</sup> *Swot- strengths, weaknesses, opportunities and threats*

Tabela 6 - Fatores Externos Matriz *swot*

Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento do setor turístico</li> <li>• Existência de financiamento internacionais com foco na economia verde em África</li> <li>• Fontes de financiamento internacionais de apoio ao empreendedorismo feminino e igualdade de oportunidades em África</li> <li>• Centro ECREE<sup>15</sup> com delegação em CV</li> <li>• Clima favorável a produção de energia solar</li> <li>• Política energética para redução da emissão de GEE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fraca disponibilidade da população para o consumo local</li> <li>• Economia nacional vulnerável às oscilações dos mercados externos</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria

### 3.1. Enquadramento e Localização Geográfico

O projeto será implementado na ilha de São Vicente que se localiza a nordeste do arquipélago de Cabo Verde situado a latitude de 16° 50' N e longitude de 24° 57 W. A ilha cobre uma superfície de 227 Km<sup>2</sup>, representando 5,6 % do total da superfície do arquipélago habitado.

Escolheu-se localizar o projeto na zona de Ribeira de Vinha em um perímetro agrícola com aproximadamente 3000 m<sup>2</sup> localizado na área agrícola de Tchon d'Holanda, por este ser um terreno apto para o cultivo, e pela inexistência de custos derivados da aquisição do local de implementação.

<sup>15</sup> Centro da Comunidade Económica dos Estados da Africa Ocidental para Energias Renováveis

Figura 18 - Perímetro Agrícola de Tchon d'Holanda



Fonte: *Google Earth*

O perímetro agrícola de Tchon d'Holanda atualmente possui um sistema de rega gota-gota, onde se utiliza a água proveniente da ETAR, água esta que ao longo do tempo se tem mostrado insuficiente para a produção agrícola com um tratamento considerado deficiente segundo os agricultores da zona. Ao longo do tempo tem-se observado um enorme desgaste do solo deixando, em alguns casos, de produzir certos alimentos.

Substituir o sistema de rega atualmente instalada no perímetro agrícola mostra-se como uma saída economicamente viável e uma prática mais saudável para a produção e a saúde dos envolvidos.

### **3.2. Escolha do Cultivo**

O projeto direcionou-se para a produção de morangos, um sistema hidropónico proporcionará condições favoráveis para o cultivo do mesmo, sendo que, em Cabo Verde as condições climáticas e propriedades do solo para a produção de determinados produtos agrícolas são escassas.

Para a escolha do tipo de cultivo e o sistema de produção, levou-se em consideração:

- A dimensão do mercado local;
- A procura de produtos agrícolas;
- O poder de compra da população;
- Os produtos produzidos localmente;

- O terreno disponível para a produção;

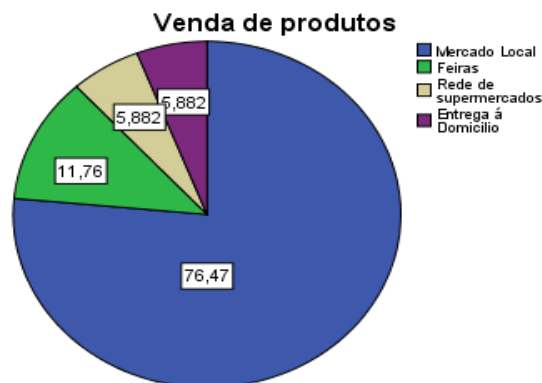
Aplicou-se 20 questionários aos agricultores do perímetro agrícola de Tchon d'Holanda, a partir das respostas obtidas, foi utilizado o *software* IBM SPSS *Statistics* 20 para elaborar os gráficos.

O SPSS é um pacote estatístico, composto de diferentes módulos, desenvolvido para o uso em ciências humanas, sociais, biológicas, entre outras áreas do conhecimento. Está baseado no ambiente Windows, sendo de fácil operação e muito abrangente, pois permite realizar uma grande amplitude de análises estatísticas e gráficas (análises descritivas, análises inferenciais multivariadas, módulos gráficos, entre outros) (Pilati & Porto, 2007).

Com base em questionários feitos aos agricultores locais, chegou-se nas seguintes conclusões:

De acordo com o modo em que são comercializados os produtos produzidos localmente pelos agricultores de Tchon d'Holanda, pode-se observar pelo gráfico abaixo que aproximadamente 80% da produção é fornecida ao mercado local (Municipal). Isso reflete-se na fragilidade do setor que carece de novas tecnologias de produção para ser capaz de abastecer grandes hotéis e supermercados com produtos diversificados e de melhor qualidade.

Gráfico 1 - Venda de Produtos

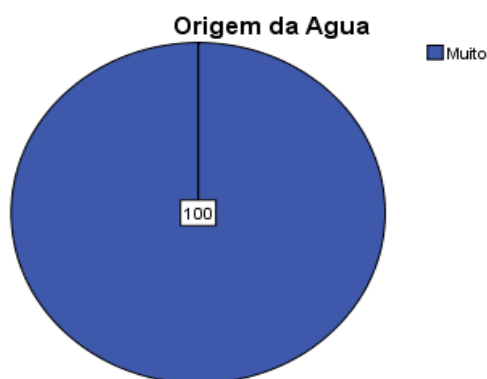


Fonte: Elaboração própria

A água para rega utilizada no perímetro agrícola de Tchon d'Holanda provém na sua totalidade da ETAR.



Gráfico 2 - Origem da Água para Rega

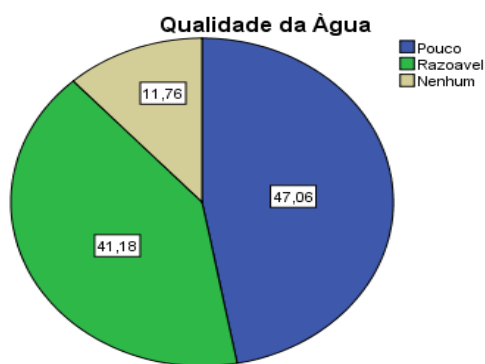


Fonte: Elaboração Própria

Segundo os agricultores da zona, a água da ETAR apresenta-se com uma qualidade muito reduzida para o crescimento das plantações. Isso tem vindo a criar muitos constrangimentos no que diz respeito aos investimentos feitos periodicamente na produção agrícola. Muitas vezes essa água apresenta odores fortes o que dificulta o seu manuseamento.

Com base no gráfico 3 cerca de 50% dos agricultores consideram que a água tem pouca qualidade, onde 11% acreditam que ela não é própria para o cultivo.

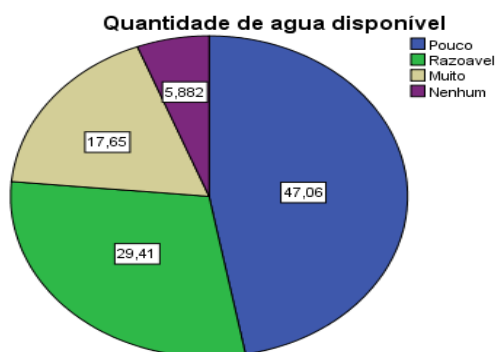
Gráfico 3 - Qualidade da Água Proveniente da ETAR



Fonte: Elaboração própria

Questionados se a água disponível é capaz de suprir a demanda, cerca de 50% dos agricultores afirmam que não, enquanto 17% consideram que a água é suficiente.

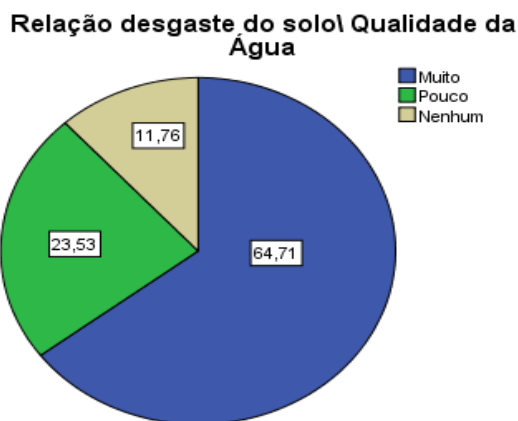
Gráfico 4 - Demanda da Água de Rega



Fonte: Elaboração própria

O solo existente no perímetro agrícola de Tchon d'Holanda apresenta elevados índices de desgaste e carência de nutrientes segundo os agricultores. Questionados se esse desgaste tem alguma relação com a utilização da água residual tratada, cerca de 64% consideram que sim, pois, a água não tem um tratamento considerado ideal para o solo.

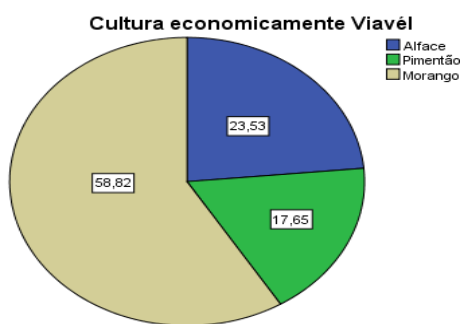
Gráfico 5 - Condições do Solo para Cultivo



Fonte: Elaboração própria

De acordo com os agricultores, em condições ideais de cultivo, cerca de 58,82 % consideram que produzir morango é uma aposta de rendimento viável, visto que, o mercado local carece deste produto.

Gráfico 6 - Preferência de Cultivo



Fonte: Elaboração própria

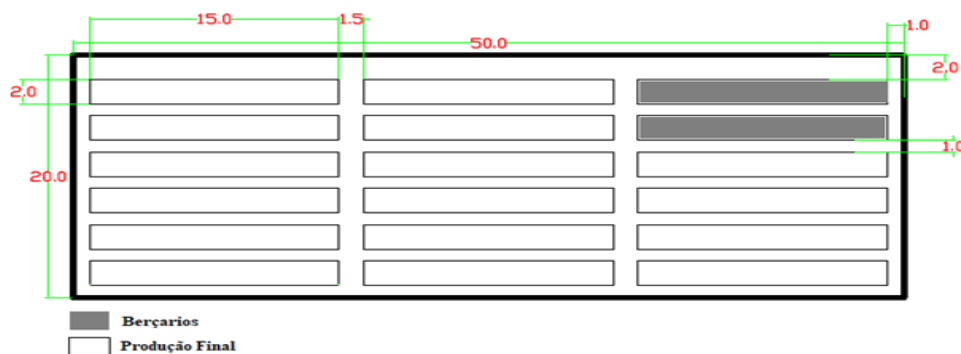
### 3.2.1. Descrição do Sistema de Cultivo

Para a realização do projeto optou-se por dimensionar um sistema de cultivo hidropônico baseado na técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT) para produção de 4000 plantas em escala comercial.

O sistema NFT compõe-se das seguintes estruturas: estufa, bancadas com suporte, canais de cultivo, sistemas hidráulicos de alimentação e drenagem da solução nutritiva, sistema elétrico e sistema de monitorização.

O projeto terá um total de 18 bancadas de cultivo com espaçamento de 1 metro respetivamente, sendo que, 2 são para a produção de mudas, em que cada bancada terá 5 canais de cultivo, com uma produção de 50 plantas por canal, que resultará em 4000 plantas produzidos no Sistema Hidropônico.

Figura 19 - Layout do Sistema Hidropônico



Fonte: Elaboração própria

As bancadas de produção das mudas (berçário) têm capacidade de produzir 4.140 mudas de morango, a germinação será feita em espuma fenólica, com 345 células cada, as placas devem ser irrigadas apenas com água.

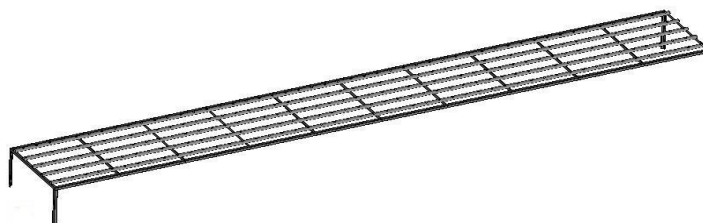
Figura 20 - Placa Espuma Fenólica



Fonte: [www.hidrogood.br](http://www.hidrogood.br)

Cada bancada será constituída por 5 canais de cultivos feitos com tubos de PVC. As bancadas terão 15 metros de comprimento e 2 de largura e uma altura de 1 metro.

Figura 21 - Bancada de Cultivo



Fonte: Elaboração própria

### 3.3. Estrutura e Equipamentos

Para o cultivo escolheu-se uma estrutura de proteção com a parte superior coberta, possui cortinas para fechamento nas partes laterais de modo que exista uma boa ventilação no ambiente de cultivo.

Figura 22 - Estufa: PE Multi-Span Corpo Plástico



Marca	Bozong
Nº de Modelo	BZ-01-4005
Material	Filme
Camada	Duplo
Capacidade	1000 m <sup>2</sup>
Altura	3 m
Largura	20 m
Comprimento	50 m

Fonte: [www.bozong-tech.com](http://www.bozong-tech.com)

### 3.3.1. Descrição de Sistema Hidráulico

A solução nutritiva será bombeada do reservatório para os canais de cultivo, onde flui constantemente no seu fundo, na forma de um filme muito fino. Parte das raízes, ficarão submersas em constante contato com a solução nutritiva, e outra parte ficará em constante contacto com o ar húmido acima do filme líquido, de onde absorverá oxigênio. Após percorrer o canal, a solução nutritiva retorna ao reservatório.

O reservatório da solução nutritiva será abastecido por um tanque maior contendo apenas água pura e outro pequeno reservatório contendo uma mistura concentrada da solução nutritiva.

O reservatório terá a capacidade de 4 000 litros de solução nutritiva, sendo que o sistema possui uma 4.000 plantas, optou-se por 1L/planta de solução. Dado o tipo de cultivo escolheu-se um caudal de 1L/min por canal de plantação.

Tabela 7 - Dados do Sistema Hidráulico

Reservatório	4 m <sup>3</sup>
Número de canais	80
Espaçamento entre os canais	0,3 m
Espaçamento entre as bancadas	0,8 m
Altura de Sucção	1 m
Altura da bomba até os canais	3 m
Perda de carga na tubulação (30% de 2m)	0,9
Perda de carga nas conexões (5% de 2m)	0,15
Diâmetro dos canais de cultivo	0,075 m
Rendimento da bomba	70%

Fonte: Elaboração própria

Nos cultivos hidropônicos para qualquer sistema NFT a capacidade do caudal do conjunto de bombagem deve ser dimensionada de acordo com o número de canais que serão irrigados, considerando-se a altura manométrica e o retorno de solução ao reservatório (50%).

- Altura Manométrica (H):

Somando a altura de recalque mais a altura de sucção com as perdas de carga nas tubulações e nas conexões obtêm-se:

$$H = 3 + 1 + 0,9 + 0,15 = 5,05 \quad (1)$$

- Caudal da Bomba (Q):

$$Q = Q_{\text{canal}} \times N^{\circ}\text{canal} + 0,5(Q_{\text{canal}} + N^{\circ}\text{canal}) \quad (2)$$

$$Q = 0,016 \times 80 + 0,5(0,016 + 80)$$

$$Q = 7 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Potência da Bomba (P):

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H}{\eta} \quad (3)$$

$$P = \frac{9,81 \times 0,00192 \times 5,05}{0,7} = 134 \text{ W}$$

$\gamma$ : Peso específico do fluido

**Q**: Caudal

**H**: Altura manométrica

$\eta$ : Rendimento da bomba

A bomba selecionada para levar a solução nutritiva às bancadas em quantidade suficiente para a irrigação das raízes, bem como conduzir a solução de volta ao reservatório após a passagem pelas bancadas é o Schneider BC-91S por ter um caudal e uma altura manométrica dentro dos requisitos necessários para o sistema.

Tabela 8 - Características da Bomba

Tipo	Caudal (m³/h)	Altura Manométrica (m)	Potência
Schneider BC-91S	7,1	6	184

Fonte: Elaboração própria

Figura 23 - Bomba Schneider BC-91S

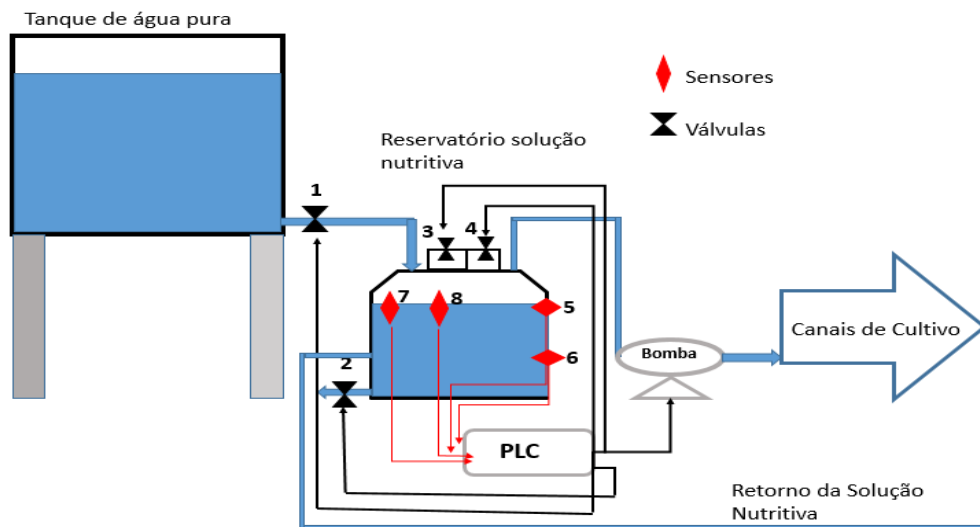


Fonte: Schneider Motobombas

### 3.4. Automação do Projeto

Através do automatismo, com o objetivo de controlar a qualidade do sistema de cultivo escolheu-se determinados sensores para a leitura de condicionantes como a condutividade, e o PH e o nível da solução nutritiva, a serem instalados no sistema de modo a otimizar a produção.

Figura 24 - Diagrama de Controlo Automático do Sistema



Fonte: Elaboração própria

A figura 24 mostra o sistema controlado pelo PLC para acionamento das válvulas e da bomba de abastecimento dos canais de cultivo, onde tem-se

1. Válvula da entrada de água pura;
2. Válvula de saída da solução nutritiva;
3. Válvula de adição do reagente base;
4. Válvula de adição do reagente ácido;
5. Sensor de nível máximo;
6. Sensor de nível mínimo;
7. Sensor de Ph;
8. Sensor de condutividade;

O sistema de automatização possui as seguintes características funcionais:

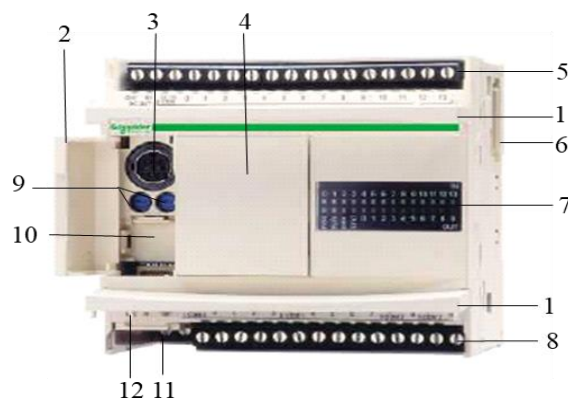
- Controlo automático do volume de água no reservatório, permitindo existir sempre água suficiente para alimentar todo o cultivo e retornar ao reservatório.
- Controlo de Ph, permitindo um ajuste no seu valor sempre que este ultrapasse o intervalo ideal.
- Um alarme condicionado pelo sensor de condutividade para a troca ou não da solução nutritiva.
- Controlo automático da bomba.



### 3.4.1. Twido TWDLCDA24DRF

Para realizar o controlo automático das válvulas e da bomba utilizou-se o PLC TWDLCDA24DRF da marca *Schneider Electric* de base compacto, possui 14 entradas e 10 saídas para relé.

Figura 25 - Autómato Twido Compacto



Fonte: Elaboração própria adaptado de Francisco (2003)

Os elementos que constituem o PLC Twido são:

1. Tampa superior e inferior: acesso aos terminais;
2. Tampa frontal: acesso a ficha RS 485 e potenciômetros;
3. Ficha da porta de comunicação RS 485 para ligar o autómato ao PC;
4. Compartimento para instalação do módulo de visualização;
5. Terminais para ligação das entradas digitais e terminais da tensão de saída 24 VDC, para alimentar sensores;
6. Ligação para módulos de expansão de E/S (entradas e saídas);
7. Sinalizadores que informam sobre o estado do autómato: PWR, RUN, ERR, START e sobre o estado das E/S;
8. Terminais para ligação das saídas;
9. Potenciômetro de regulação analógica;
10. Local para instalação da 2ª porta de comunicação;
11. Terminais para ligação da alimentação do autómato: 230 VAC;
12. Local para instalação do cartucho de memória EEPROM<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* são dispositivos de memória que, apesar de não voláteis, oferecem a mesma flexibilidade de reprogramação existente na RAM.

### **3.4.2. Sensor de Nível BTM2000A**

A planta consome solução nutritiva diariamente, o que resulta numa diminuição do volume da solução presente no reservatório. O volume terá que ser repostado todos os dias, não com solução nutritiva mais sim com água pura já que as plantas consomem mais água do que solução nutritiva.

Para efetuar o controlo do nível da solução dentro do reservatório utilizou-se dois sensores de nível BTM2000A para PLC.

#### **Controlo do Nível**

- Deseja-se controlar o nível do reservatório entre um valor máximo e mínimo
- Optou-se por instalar dois sensores de nível, respetivamente NA para o nível alto e NB para o nível baixo.
- Para se encher o reservatório utilizou-se um tanque de água pura instalado em um nível superior em relação ao reservatório da solução nutritiva, onde colocou-se uma electroválvula (VN) que será ligada ou desligada pelo PLC, programado em função do nível de solução nutritiva presente no reservatório.
- Se a solução nutritiva estiver abaixo do sensor NB ambos os sensores serão desligados e a electroválvula é aberta. Permanecendo assim até que o sensor NA seja ativado.
- Quando NA é ativado, a electroválvula, é desligada. Permanecendo assim até que NB seja ligado novamente.

### **3.4.3. Sensor Ph Aquametrix P65C/R65C**

As raízes das plantas ao absorver os nutrientes alteram o valor do Ph da solução nutritiva. Para a produção de morangos deve-se manter o Ph entre os níveis de 5,5 à 6,5, onde ocorre o seu desenvolvimento máximo. Tendo em conta a variação da quantidade de Ph, este deve ser constantemente monitorizado pois se estiver abaixo da faixa ideal ele deverá ajustado com ácido, e com base caso estiver acima. Para efetuar o controlo do Ph utilizou-se o sensor Aquametrix P65C/R65C, este sensor mede os valores do Ph de 0 a 14. Saída de 4 à 20 mA.

### **Controlo de Ph**

- Utilizou-se duas electroválvulas para controlar a saída dos reagentes, VRA para o reagente ácido e VRB para o reagente base.
- O sensor (SP) será responsável pela leitura do Ph, se a mistura permanecer entre os valores de 5,5 à 6,5, ambas as válvulas VRA e VRB estarão desligadas
- Se o valor do Ph descer para níveis mínimos (abaixo de 5,5), VRA será ativado, fazendo com que seja adicionado um reagente ácido na solução nutritiva de modo a aumentar o valor do Ph
- Se o valor do Ph subir para níveis máximos (superior à 6,6), VRB é ativado para adicionar um reagente base a solução.

### **3.4.4. Sensor de Condutividade nambei DJS**

Os nutrientes da solução são consumidos com o crescimento das plantas, reduzindo a mesma. Isso faz com que a solução nutritiva seja trocada, normalmente, faz-se a troca em cada ciclo de cultivo. Para tornar essa troca mais precisa usa-se um sensor de condutividade onde é possível saber quando é necessário trocar a solução nutritiva do reservatório.

Para a produção de morango utiliza-se valores de condutividade entre 1,5 à 2,0 mS/cm. Optou-se então por escolher o sensor de condutividade.

### **Troca da solução**

- Utilizou-se duas electroválvulas, respetivamente VN para entrada de água pura no reservatório e VS para saída da solução nutritiva do reservatório.
- Se os níveis de condutividade estiverem fora do intervalo de 1,5 à 2,0 mS/cm, a solução é imprópria para o cultivo da planta, então tem que haver uma troca da mesma.
- A electroválvula NS abre-se e o sensor de nível NB é desligado.

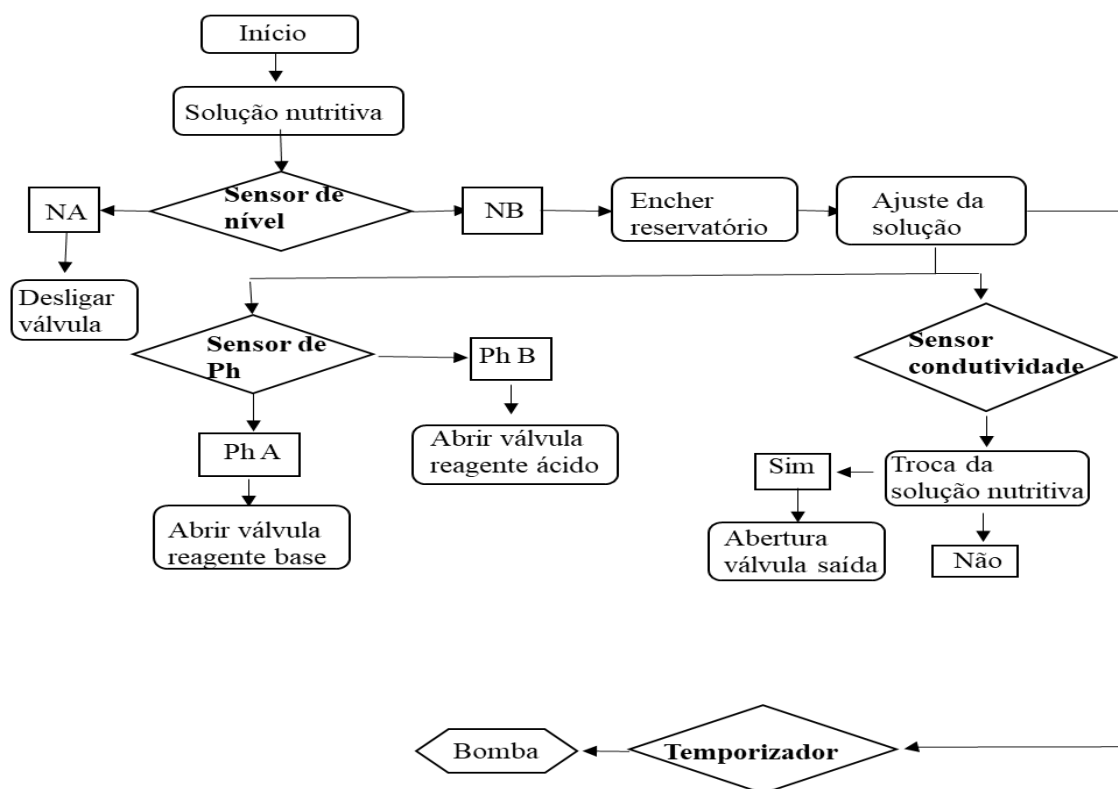
### 3.4.5. Temporizador

A bomba é responsável pela circulação da solução nutritiva. A programação do funcionamento da bomba é feita para que esta esteja 20 minuto ligado e 20 minuto desligado durante todo processo de cultivo. Um botão é acionado caso se queira interromper o seu funcionamento e de novo liga para a continuação da bombagem.

### 3.4.6. Programação

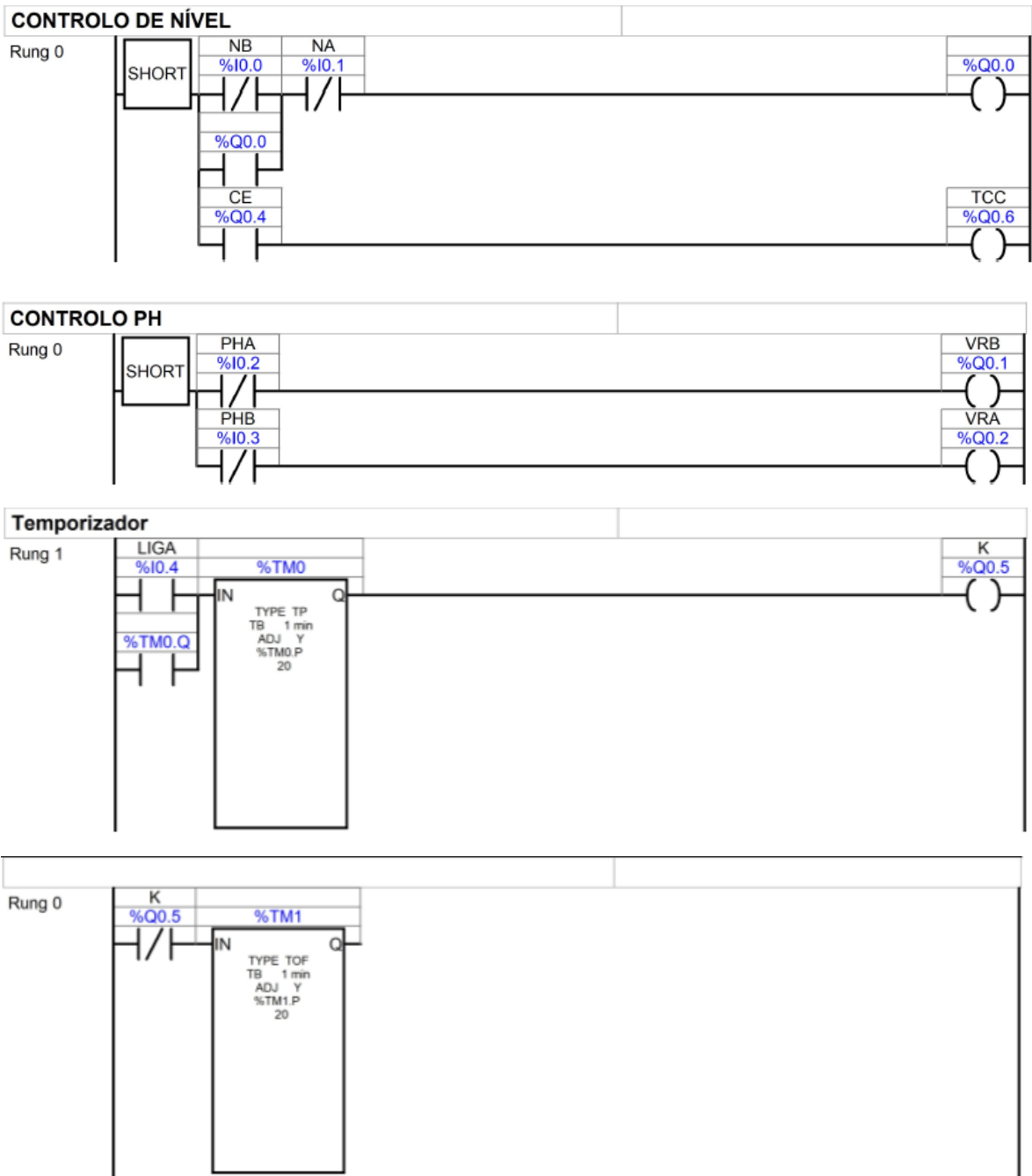
Elaborou-se o algoritmo de controlo da lógica sequencial do sistema (figura 26) e no ambiente de desenvolvimento de programação *Ladder Twido Suite*, fez-se a programação (figura 27) utilizando seis entradas digitais (duas para controlo de nível, duas para controlo de Ph, uma para detenção do nível de condutividade e uma acionamento da bomba), cinco saídas digitais todas ligadas aos relés de acionamento (três válvulas, um alarme e um contator).

Figura 26 - Fluxograma da Lógica de Controlo do Processo Hidropónico



Fonte: Elaboração própria

Figura 27 - Programa em Diagrama de Contatos

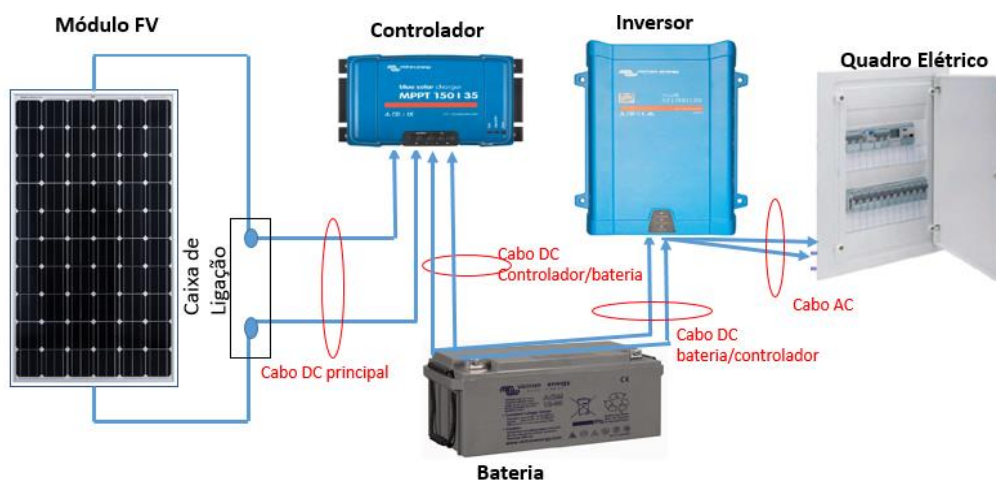


Fonte: Elaboração própria

### 3.5. Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Os sistemas hidropônicos dependem basicamente da energia elétrica. No processo de automação é importante que não haja faltas de energia, sendo que, eventuais falhas prolongadas podem prejudicar toda a cultura ou até mesmo a sua perda por completo. A proteção das pessoas e do sistema será garantida por um disjuntor diferencial.

Figura 28 - Diagrama de Blocos do Sistema Fotovoltaico



Fonte: Elaboração própria

Neste sentido dimensionou-se o sistema de energia fotovoltaica *off-Grid* para alimentar o sistema hidropônico.

#### 3.5.1. Parâmetros do Sistema

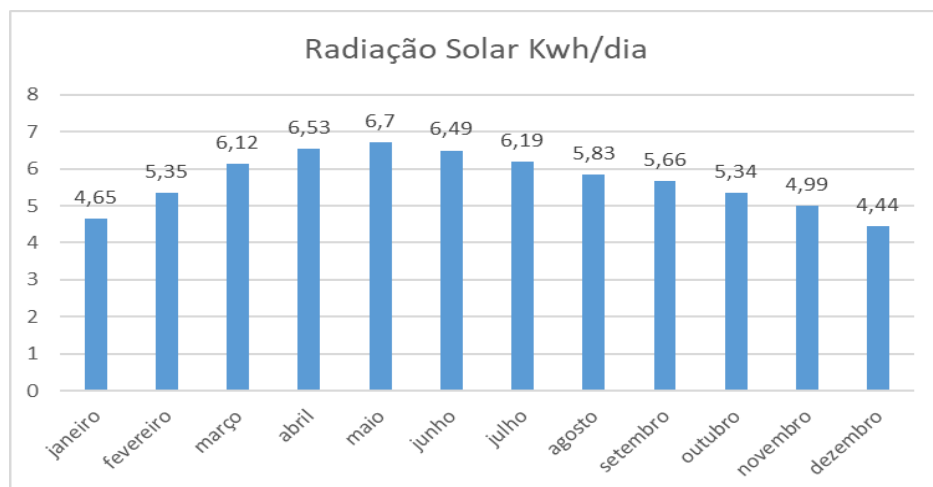
Tabela 9 - Carga do Sistema

	Quantidade	Potencia (W)	Horas (h)	Energia de consumo
Lâmpada	20	500	1	500
Bomba	1	184	12	2 208
Válvula	1	11	0,5	5,5
Válvula	1	11	0,5	5,5
Válvula	1	11	0,2	2,2
Válvula	1	11	0,2	2,2

Fonte: Elaboração própria

Entre os meses de Abril, Maio e Junho registam-se maiores incidências da radiação solar na ilha de São vicente, a radiação solar varia ao longo do ano, para dimensionar sistemas fotovoltaicos é necessário identificar o valor da menor intensidade da radiação solar incidente (mês mais desfavorável).

Figura 29 - Radiação na Inclinação Ótima.



Fonte: Elaboração própria

### 3.5.2. Determinação dos Componentes do Sistema Fotovoltaico

O dimensionamento de uma instalação fotovoltaica tem de ser efetuado de uma forma muito criteriosa, principalmente em sistemas autónomos, segundo ALTERNER (2004) os componentes do sistema podem ser determinados de acordo com as seguintes fórmulas:

- Radiação na inclinação ótima: **Got** = 4440 wh/m<sup>2</sup>/dia
- Número de dias de autonomia: **Nd** = 2 dias
- Perdas nos cabos: **Pcab** = 3%
- Perdas de conversão: **Kcov** = **ηinv** = 90%
- Profundidade de descarga da bateria: **Kd** = **DOD** = 60%
- Rendimento da bateria: **Kbat** = **ηBAT** = 80%
- Potência de Demanda: **Pd** = 728 W
- Energia de consumo diário: **Ed** = 2723,4 wh/dia
- Tensão sistema FV/ Bateria: **VDC** = 24 V

**i) Cálculo do fator de perdas do sistema:**

$$K_1 = K_{pcab} \times K_{conv} \quad (4)$$

$$K_{pcab} = 1 - P_{cab} = 0,97 \quad (5)$$

$$K_1 = 0,97 \times 0,9 = 0,873$$

**ii) Cálculo do fator de correção:**

$$K_2 = \frac{G_{dez}}{G_r} = \frac{4440}{1000} = 4,44h/d \quad (6)$$

**iii) Cálculo de energia diário:**

$$Ed = \sum_{i=1}^n P_i \times t_i = 2723,4 \text{ wh/dia} \quad (7)$$

**iv) Cálculo da potência do gerador:**

$$P_{fv} = \frac{Ed}{K_1 \times K_2} = \frac{2723,4}{0,873 \times 4,44} = 703 \text{ w} \quad (8)$$

**v) Módulo Fotovoltaico escolhido: Victron Energy SPM043602400**

$$P_{mod} = 360 \text{ W}$$

$$V_{mp} = 38,4 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 9,38 \text{ A}$$

**vi) Número de módulos do sistema:**

$$N^{\circ} \text{ mod} = \frac{P_{fv}}{P_{mod}} = \frac{703}{360} = 1,95 \approx 2 \text{ modulos} \quad (9)$$



Serão colocados um módulo em série e 2 em paralelo.

**vii) Cálculo do consumo diário  $W_{ah}$**

$$W_{ah} = \frac{Ed}{V_{dc}} = \frac{2723,4}{24} = 113,47 \text{ Ah} \quad (10)$$

**viii) Cálculo da capacidade do banco de baterias**

$$C_{bbat} = \frac{W_{ah} \times Nd}{Kd \times K_{bat}} = \frac{113,47 \times 2}{0,6 \times 0,8} = 473 \text{ Ah} \quad (11)$$

**ix) Bateria escolhida: Victron Energy BAT412124081**

Cbat: 240 Ah

Vn: 12V

Serão colocadas duas baterias em série e duas em paralelo.

**x) Escolha do controlador de carga: Victron Energy MPPT 12/24/48 V 35 A**

$$I_{max \text{ Dc}} = N_p \times I_{fileira} = 3 \times 9,38 = 28,14 \text{ A} \quad (12)$$

$$N^{\circ} \text{ cont.} = \frac{I_{max \text{ DC}} \times 1,1}{I_{cont. \text{ escolhido}}} = \frac{28,14}{35} = 0,8 \approx 1 \text{ controlador} \quad (13)$$

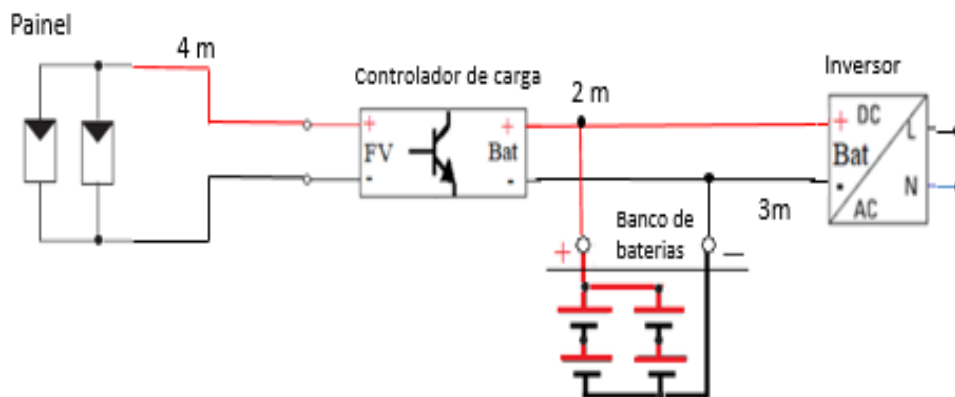
**xi) Escolha do inversor: Victron MultiPlus Inverter 1000 W**

É em função da Potência Instalada mais a tensão CC do sistema.

$$N^{\circ} \text{ inv} = \frac{P_{inst}}{P_{inv}} = \frac{728}{1000} = 0,72 \approx 1 \text{ inversor} \quad (14)$$

Na figura 30 pode-se observar o diagrama multifilar do sistema fotovoltaico composto por dois módulos, um controlador de carga, quatro baterias e um inversor conectados entre si por cabos DC e AC.

Figura 30 - Diagrama Multifilar do SFV



Fonte: Elaboração Própria.

### 3.5.2.1. Cálculo da Secção dos Cabos do Sistema Fotovoltaico

O cabo principal DC deverá ser capaz de transportar a corrente máxima produzida pelo gerador fotovoltaico. De acordo com ALTERNER (2004) o dimensionamento dos cabos DC pode ser realizado seguindo os seguintes parâmetros e formulas:

Para calcular a secção dos cabos DC principal, temos:

- Secção do cabo principal do gerador FV, em mm<sup>2</sup>: **SDC**
- Comprimento do cabo principal, em metros: **LDC = 4 m**
- Corrente nominal admissível no cabo principal DC de acordo com a norma IEC 60364-7-712<sup>17</sup> deverá ser:  **$I_n \geq 1,25 \times I_{cc} = 35 \text{ A}$**
- Condutividade do condutor:  **$\sigma_{CU} = 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$**
- Valor das perdas no cabo principal: **PM = 3%**
- Valor da potência do sistema FV: **P<sub>FV</sub> = 703 w**

<sup>17</sup> Norma Alemã IEC 60364-7-712, “Instalações elétricas nos edifícios – requisitos para instalações ou localizações especiais “sistemas solares fotovoltaicos:

- Fator de perdas na linha: **FP = 1%**

$$S_{dc} = \frac{2 \times L_{dc} \times I_n^2}{(F_p \times P_{fv} - 0,3) \times \sigma} \quad (15)$$

$$S_{dc} = \frac{2 \times 4 \times (35)^2}{(0,1 \times 703 \times 0,3) \times 56} = 2,5 \text{ mm}^2$$

O valor calculado para a secção transversal do cabo principal cabo DC, é arredondado para o maior valor aproximado das secções transversais *standard* (2,5mm<sup>2</sup>, 4mm<sup>2</sup>, 6mm<sup>2</sup>, 10mm<sup>2</sup>, 16mm<sup>2</sup>, 25mm<sup>2</sup>, 35mm<sup>2</sup>, etc.) (ALTERNER, 2004).

Para calcular a secção do cabo AC:

- Secção do cabo de ligação do ramal AC (mm<sup>2</sup>): **SAC**
- Comprimento do cabo: **LAC = 3 m**
- Corrente nominal AC do inversor: **In = 3,34 A**
- Condutividade do condutor: **σCU = 56 m/Ωmm<sup>2</sup>**
- Valor de tensão nominal AC: **UN = 230 VA**
- Facto de potência (normalmente entre 0,8 e 1): **cosφ = 1**

$$S_{ac} = \frac{2 \times L_{ac} \times I_n \times \cos\phi}{3\% \times U_n \times \sigma} \quad (16)$$

$$S_{ac} = \frac{2 \times 3 \times 3,34 \times 1}{0,3 \times 230 \times 56} = 0,16 \text{ mm}^2$$

Para potências fotovoltaicas até 5 kWp, são normalmente utilizadas secções de cabo AC até 6 mm<sup>2</sup> (ALTERNER, 2004).

### **3.6. Manutenção dos Sistemas Fotovoltaico e Hidropónico**

Para que o projeto implementado possa funcionar de maneira eficiente e se consiga evitar problemas futuros, é preciso seguir determinadas recomendações, desde produção de energia até ao cultivo hidropónico. Uma boa manutenção preventiva implica em um maior tempo de uso dos equipamentos.

Nos sistemas fotovoltaicos à que se ter em conta a limpeza regular dos módulos. A sujeira e as poeiras impedem uma boa geração de energia elétrica.

As baterias de gel usadas não requerem grandes cuidados de manutenção, uma vez que não existe a necessidade de repor o nível do eletrólito durante o seu tempo de vida, em relação aos outros tipos de baterias. As baterias não devem ser montadas diretamente sobre o piso de concreto, para evitar o aumento do auto descarga, causado pela umidade do piso.

Deve-se verificar sempre o controlador de carga e o inversor, caso exista alguma indicação de alarme ativado informando alguma condição impropria para os equipamentos.

Os sistemas hidropónicos requerem alguns cuidados essenciais para se conseguir uma boa produção final. No projeto será realizada as seguintes tarefas:

- Limpeza de todo o equipamento em cada ciclo de cultivo;
- Garantir a qualidade da água utilizada;
- Verificação periódica das raízes das plantas;
- Reposição do estoque de solução nutritiva e água;
- Verificar vazamentos nas tubulações, conexões e válvulas;

O respetivo plano de manutenção do projeto encontra-se no anexo 12.

## IV - ANÁLISE ECONOMICA

### 4.1. Custo do Projeto

O custo do projeto deriva-se de equipamentos constituintes dos três sistemas: hidropónico, automatização e fotovoltaico. As tabelas abaixo apresentam o custo inicial do investimento.

Tabela 10 - Custo do Sistema Hidropónico

Designação	Quantidades	Valor Unitário (ECV)	Valor Total (ECV)
Estufa	1	300 000	300 000
Bancada	18	10 000	180 000
Canais	80	2 600	208 000
Placas de germinação	12	115	1 380
Bomba	1	27 056	27 056
Tubulação de distribuição	90	334	30 000
Lâmpadas	20	198	3 950
Total	746 436		

Fonte: Elaboração própria

Tabela 11 - Custo da Automatização do Sistema

Designação	Quantidades	Valor Unitário (ECV)	Valor Total (ECV)
PLC	1	14 955	14 955
Sensor Ph	1	5 490	5 490
Sensor Nível	2	330	330
Sensor Condutividade	1	2 600	2 600
Válvulas	4	1 800	7 200
Total	30 575		

Fonte: Elaboração própria

Tabela 12 - Custo do Sistema Fotovoltaico *off-grid*

Designação	Quantidades	Valor Unitário (ECV)	Valor Total (ECV)
Modulo	2	34 221	68 442
Bateria	4	51 722	206 888
Controlador de carga	1	11 000	11 000
Inversor	1	56 623	56 623
Cabo DC	4 m	100	400
Cabo ramal AC	3 m	100	300
<b>Total</b>	<b>343 653</b>		

Fonte: Elaboração própria

De acordo com as tabelas acima o investimento inicial na aquisição de equipamentos é de 1 120 664 ECV, já na tabela abaixo apresentam-se os custos anuais de operação do projeto.

Tabela 13 - Custo de Operações Anuais

Designação	Quantidades	Valor Unitário (ECV)	Valor total Anual (ECV)
Água	20 000 L	450	9 000
Nutrientes	16 Unidades	500	8 000
Agricultor	1	15 000	180 000
Manutenção	-	-	10 000
<b>Total</b>	<b>207 000</b>		

Fonte: Elaboração própria.

O valor total de custos derivados do projeto é 1 327 664 de ECV.

## 4.2. Estimativa de Produção

O projeto terá a capacidade de produzir 4 000 plantas. Nos sistemas hidropônicos a eficiência de produção é maior do que nos sistemas de cultivo no solo, o morango tem um ciclo de cultivo entre 60 a 90 dias, e cada planta produz entre 0,8 a 1 kg de fruto.

Tendo em conta a complexidade do processo de produção, desde a plantação até a colheita, em que a realização do projeto não passa pelo estudo do processo produtivo, considerou-se a estimativa de produção sem acrescentar todas as perdas possíveis no processo.

Estima-se que cada planta produzirá cerca de 0,5 kg dentro de um período 3 meses.

Tabela 14 - Estimativa de Produção de Morangos

Cultivo	Quantidade de planta	Ciclos anuais	Produção anual (Kg)	Preço/ Kg (ECV)	Rendimento anual (ECV)
Morango	4 000	4	8 000	150	1 200 000

Fonte: Elaboração Própria

A tabela 14 descreve a produção em termos de Kg e ECV, onde se observa um rendimento total por ano de 1 200 000 ECV.

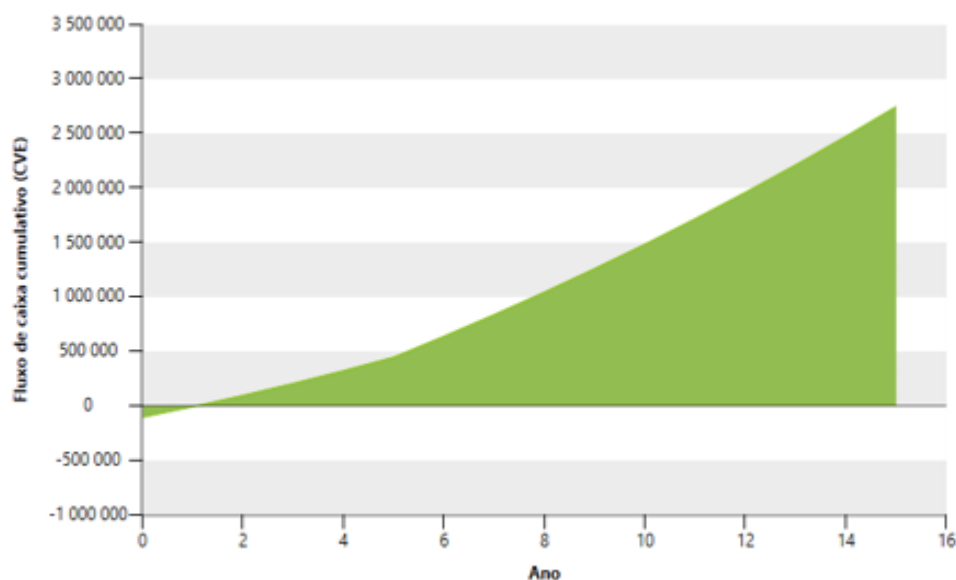
#### 4.3. Análise da Viabilidade Económica do Sistema Fotovoltaico

Para a determinar a viabilidade económica do sistema de energia fotovoltaica do projeto utilizou-se um programa de análise para projetos de energias renováveis, que engloba as áreas como fotovoltaica, eólica, pequenas centras hidrelétricas, aquecimento solar de ar e água, biomassa e bombas geotérmicas.

O Software RETScreen é utilizado para elaboração de estudos preliminares. Para Energia Fotovoltaica o RETScreen pode ser usado para determinar os três tipos básicos de aplicações; Sistemas isolados, sistemas conectados à rede e bombeamento de água), os custos de produção de energias e redução de gases emitidos (Pinho & Galdino, 2014).

Através do RETScreen foi possível determina a viabilidade da utilização da energia fotovoltaica no projeto, tendo obtido o seguinte gráfico que representa o fluxo de caixa do projeto, onde pode-se concluir como sendo viável o investimento no sistema fotovoltaico.

Gráfico 7 - Receitas Anuais em Função dos Anos do Projeto



Fonte: Elaboração própria

No investimento de todo o sistema fotovoltaico do projeto iremos ter um retorno simples em 2,3 anos, que representa o período de tempo necessário para que a instalação fotovoltaica recupere o próprio custo inicial.

Tabela 15 - Viabilidade Económica

TIR antes imposto- capital próprio %	102
TIR antes impostos- ativos %	36,7
Retorno simples (ano)	2,3
Retorno do capital próprio (ano)	1,1

Fonte: Elaboração própria

O valor do retorno simples mostra-se satisfatório, ou seja, o rápido retorno do custo inicial indica um nível de risco menor do investimento na utilização de energia renovável face ao custo da utilização de eletricidade fornecida pela Electra<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Empresa de Eletricidade e água



## **V- CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1. Impactes do Projeto**

A hidropónica em Cabo Verde é vista como uma área com potencialidade a ser explorada de forma a promover o desenvolvimento económico, através do aumento da oferta de hortaliças e frutíferas de qualidade para superar as necessidades de uma população em rápido crescimento e do sector turístico em expansão.

O desenvolvimento da hidropónica poderá reduzir os custos de produção e preservação ambiental através da diminuição do consumo de água, adubos e pesticidas e reduzir, também, os desequilíbrios entre a oferta/procura atual.

#### **Impactes Sociais**

- Melhor qualidade dos produtos agrícolas;
- Possibilidade de cultivo de produtos variados e escassos do no mercado local;
- Variedade de produtos na alimentação;

#### **Impactes Económicos**

- Equilíbrio entre a oferta e a procura local;
- Aumento do poder de escolha;
- Diminuição dos preços dos produtos agrícola no mercado;

#### **Impactes Ambientais**

- Preservação do solo;
- Preservação dos Recursos Hídricos;
- Diminuição da dependência dos combustíveis fósseis;

## **5.2. Recomendações**

Sugere-se uma análise mais cuidada do sistema de produção agrícola, definição de parâmetro exatos de cultivo, que não foi possível sem um estudo mais aprofundado dos sistemas hidropónicos.

Na implementação futura do projeto sugere-se a adoção de cultivos variados com grandes procura no mercado.

Dado que o local disponível possui cerca de 3 000 m<sup>2</sup> e por motivos de dimensionamentos projetou-se o sistema para ocupar uma área de apenas 1000 m<sup>2</sup>, recomenda-se um alargamento da área de cultivo, que irá refletir em uma grande variedade de produção.

## **5.3. Conclusão**

O projeto desenvolvido teve base no aumento da eficiência de produção do sistema hidropónico. Automatizou-se o sistema NFT de modo a conseguir suprir a necessidade do controlo manual e acompanhamento constante do cultivo.

O controlo automático de ajustes dos parâmetros como condutividade e Ph da solução nutritiva reflete na elevada eficiência da preservação contra falhas e perdas na produção. A automatização do sistema de bombagem da solução nutritiva para os canais de cultivo é capaz de diminuir a quantidade de água utilizada em relação ao cultivo hidropónico não automatizado.

A utilização das energias renováveis para acionar o sistema, acrescenta enormes vantagens ao projeto. O sistema fotovoltaico com armazenamento de energia em baterias permite evitar faltas de energia, o que seria crucial para o processo de cultivo. O sistema fotovoltaico contribui também para a redução de emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) em relação a utilização de combustíveis fósseis.

Após uma análise financeira realizada com o intuito de se avaliar a aplicabilidade do uso de energia fotovoltaica em substituição da eletricidade fornecida pela Electra, pode-se concluir

que o projeto em termos de utilização energética mostrou-se viável, e muito mais satisfatório para o sistema em questão.

Uma outra motivação para a elaboração do projeto passa pela adequação dos sistemas de exploração agrícola aos recursos naturais existentes. A existência de recursos hídricos em Cabo Verde é escassa, por isso é bastante importante a mobilização e a gestão do mesmo com foco na modernização do setor agrícola.

O sistema de produção mostra-se capaz de produzir alimentos de valor acrescentado direcionado também para o abastecimento do setor turístico. O projeto mostra-se totalmente apto á ser implementado na zona de Tchon d'holanda, um local completamente disponível para receber a instalação e com condições ambientais favoráveis.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ALTERNER, 2004. *Energia Fotovoltaica: Manual sobre tecnologias, projeto e instalação*, s.l.: Projeto GREENPRO.

Alves, G. J., 2013. *Aplicações dos sistemas de Informatica Geográfica nas Energias Renováveis: O potencial da energia solar na ilha de Sao Vicente*, Porto: Universidade do Porto, Dissertação de Mestrado.

Bayer, F. M. & César, O., 2011. *Controle Automatico de Porcessos*. 3 ed. Santa Maria: e-Tec Brasil.

Brito, M. & Silva, J., 2006. *Energia Fotovoltaica: Conversão de Energia Solar em Eletricidade*. Lisboa: Universidade de Lisboa.

Cabral, J. S., 2016. *Navaltik Management: Guia Prático de Gestão da Manutenção de Edifícios*. [Online] Available at: [http:// www.manwinwin.com](http://www.manwinwin.com) [Acedido em 10 Dezembro 2019].

Carrijo, O. & Makishima, N., 2000. *Princípio de Hidroponia*. Brasília: Ambrapa.

CRESESB, 2004. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. 1 ed. Rio Janeiro: PRC-PRODEEM.

DECRP, 2012-2016. *Relatorio de Elaboração DECRP*, Praia: Ministério de Desenvolvimento Rural.

Francisco, A., 2003. *Autómatos Programáveis*. 2 ed. Lisboa: ETEP.

Freitas, S. S. A., 2008. *Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos*, Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, Dissertação de Mestrado.

Furlani, P. R., Silveira, L., Bolonhezi, D. & Fanquin, V., s.d. *Cultivo Hidropónico de plantas*. [Online] Available at: [www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/Hidroponiap1/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/Hidroponiap1/Index.htm) [Acedido em 19 Novembro 2019].

GESTO, 2011. *Plano Energético Renovável Cabo Verde*, Praia: Direção Geral de Energia.

Hidrogood, 2016. *Cartilha básica de orientacao ao Cultivo Hidropónico*. 6 ed. Castelo Branco: s.n.

INE, 2015. *Anuário Estatístico Cabo Verde*, Praia: Instituto Nacional de Estatística.

InfoMDR, 2012. Novas Tecnologias revolucionaram a Agricultura em Cabo Verde. *Boletim Informativo Do Ministério de desenvolvimento Rural*, Agosto.

Loureiro, A. P. M., 2017. *Ciências, Tecnologias e Análise Económica de Sistemas de Energia Fotovoltaica*, Minho: Universidade de Minho, Dissertação de Mestrado.

Mazato, A. j. & Santos, A. B., 2013. *Universidade Federal de Santa Catarina*. [Online] Available at: <http://www.inf.ufsc.br> [Acedido em 15 Dezembro 2019].

Neto, E. B., 2017. *Caderno Semário Hidroponia*. Pernambuco: Crea-PE.

Neto, E. B. & Barreto, L. P., 2012. *As Técnicas de Hidroponia*. Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Ogata, K., 2011. *Engenharia de Controle Moderno*. 5 ed. São Paulo: Pearson.

Ovelha, R. M. R. V., 2017. *Projeto dimensionamento e instalação de solução fotovoltaica numa moradia offgrid*, Lisboa: Universidade de Lisboa, Dissertação de Mestrado.

PAENCE, 2017. *Mapeamento das diferentes intervenções relativas à economia verde em Cabo Verde*, Praia: s.n.

Parede, I. M. & Gomes, L. E. L., 2011. *Automação Industrial*. São Paulo: Centro Paula Souza.

Pilati, R. & Porto, J., 2007. *Stoa Social: Universidade de São Paulo*. [Online] Available at: <http://social.stoa.usp.br> [Acedido em 15 Dezembro 2019].

Pinho, J. T. & Galdino, M. A., 2014. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio Janeiro: CEPEL\_CRESESB.

Roggia, L. & Fuentes, R. C., 2016. *Automação Industrial*. Santa Maria: Colégia técnico Industrial: e-Tec Brasil.

Santos, F. F. d., 2011. *Utilização de Energia Fotovoltaica para eficiência energética*, Porto: Universidade do Porto, Dissertação de Mestrado.

Silva, F. B. d., Araújo, A. T. d., Barbosa, N. C. & Sousa, M. H. S. d., 2019. *Congresso Nacional de pesquisa e ensino em ciências*. [Online] Available at: [http://editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO\\_EV107\\_MD1\\_SA28\\_ID193\\_28052018202925.pdf](http://editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV107_MD1_SA28_ID193_28052018202925.pdf) [Acedido em 10 Novembro 2019].

Silva & Melo, B. d., 2013. *Nucleo de estudo de fruticultura no Cerrado*. [Online] Available at: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm> [Acedido em 22 Outubro 2019].

Silveira, P. & Santos, W., 2002. *Automação e Controle Discreto*. 8 ed. São Paulo: Érica LT.

Zancan, M. D., 2011. *Controladores Programáveis*. 3 ed. Santa Maria: e-Tec Brasil.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1- Módulos: Victron Energy SPM043602400

Article Number	Description	Net Weight	Electrical data under STC (1)				
			Nominal Power	Max-Power Voltage	Max-Power Current	Open-Circuit Voltage	Short-Circuit Current
			PMPP	VMPP	IMPP	Voc	Isc
		Kg	W	V	A	V	A
SPM040201200	20W-12V Mono 440 x 350 x 25mm series 4a	1.9	20	18.5	1.09	22.6	1.19
SPM040301200	30W-12V Mono 560 x 350 x 25mm series 4a	2.2	30	18.7	1.61	22.87	1.76
SPM040401200	40W-12V Mono 425 x 668 x 25mm series 4a	3.1	40	18.3	2.19	22.45	2.40
SPM040551200	55W-12V Mono 545 x 668 x 25mm series 4a	4	55	18.8	2.94	22.9	3.22
SPM040901200	90W-12V Mono 780 x 668 x 30mm series 4a	6.1	90	19.6	4.59	24.06	5.03
SPM041151200	115W-12V Mono 1015 x 668 x 30mm series 4a	8	115	19.0	6.04	23.32	6.61
SPM041751200	175W-12V Mono 1485 x 668 x 30mm series 4a	11	175	19.4	9.03	23.7	9.89
SPM042152400	215W-24V Mono 1580 x 808 x 35mm series 4a	15	215	37.4	5.75	45.82	6.30
SPM043052000	305W-20V Mono 1640 x 992 x 35mm series 4a	18	305	32.5	9.38	39.7	10.27
SPM043602400	360W-24V Mono 1956 x 992 x 40mm series 4a	22	360	38.4	9.38	47.4	10.24

### Anexo 2- Controlador de carga: Victron Energy MPPT 12/24/48 V 35 A

BlueSolar Charge Controller	MPPT 150/35
Battery voltage	12 / 24 / 48V Auto Select (software tool needed to select 36V)
Rated charge current	35A
Maximum PV power 1a, b)	12V: 500W / 24V: 1000W / 36V: 1500W / 48V: 2000W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum
Maximum efficiency	98%
Self-consumption	0,001 mA (1 µA)
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (adjustable)
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (adjustable)
Charge algorithm	multi-stage adaptive
Temperature compensation	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C
Protection	Battery reverse polarity (fuse, not user accessible) PV reverse polarity Output short circuit Over-temperature
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)
Humidity	95%, non-condensing
Data communication port	VE.Direct See the data communication white paper on our website
ENCLOSURE	
Colour	Blue (RAL 5012)
Power terminals	13 mm <sup>2</sup> / AWG6
Protection category	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)
Weight	1,25 kg
Dimensions (h x w x d)	130 x 186 x 70 mm
STANDARDS	
Safety	EN/IEC 62109
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum. 1b) PV voltage must exceed Vbat + 5V for the controller to start. Thereafter minimum PV voltage is Vbat + 1V.	



## Anexo 3 - Bateria: Victron Energy BAT412124081



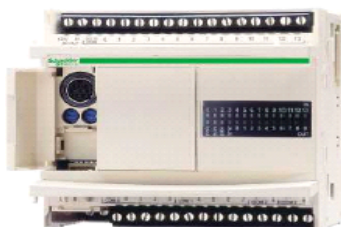
12 Volt Deep Cycle AGM							General Specification
Article number	Ah	V	l x w x h mm	Weight kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Technology: flat plate AGM Terminals: copper
BAT406225084	240	6	320 x 176 x 247	31	700	270	Rated capacity: 20 hr. discharge at 25°C Float design life: 7-10 years at 20°C Cycle design life: 400 cycles at 80% discharge 600 cycles at 50% discharge 1500 cycles at 30% discharge
BAT212070084	8	12	151 x 65 x 101	2,5			
BAT212120084	14	12	151 x 98 x 101	4,1			
BAT212200084	22	12	181 x 77 x 167	5,8			
BAT412350084	38	12	197 x 165 x 170	12,5			
BAT412550084	60	12	229 x 138 x 227	20	280	80	
BAT412600084	66	12	258 x 166 x 235	24	300	90	
BAT412800084	90	12	350 x 167 x 183	27	400	130	
BAT412101084	110	12	330 x 171 x 220	32	500	170	
BAT412121084	130	12	410 x 176 x 227	38	550	200	
BAT412151084	165	12	485 x 172 x 240	47	600	220	
BAT412201084	220	12	522 x 238 x 240	65	650	250	
BAT412124081	240	12	522 x 240 x 224	67	650	250	

## Anexo 4 - Inversor

12 Volt 24 Volt 48 Volt	MultiPlus 12/500/20 MultiPlus 24/500/10 MultiPlus 48/500/6	MultiPlus 12/800/35 MultiPlus 24/800/16 MultiPlus 48/800/9	MultiPlus 12/1200/50 MultiPlus 24/1200/25 MultiPlus 48/1200/13
PowerControl / PowerAssist	No	Yes	
Three Phase and parallel operation	No	Yes	
Transfer switch	16A		
INVERTER			
Input voltage range	9,5 – 17V	19 – 33V	38 – 66V
Output	Output voltage: 230VAC ± 2%		Frequency: 50Hz ± 0,1% (1)
Cont. output power at 25°C (3)	500VA	800VA	1200VA
Cont. output power at 25°C	430W	700W	1000W
Cont. output power at 40°C	400W	650W	900W
Cont. output power at 65°C	300W	400W	600W
Peak power	900W	1600W	2400W
Maximum efficiency	90 / 91 / 92%	92 / 93 / 94%	93 / 94/95%
Zero-load power	6 / 6 / 7W	7 / 7 / 8W	10 / 9 / 10W
Zero-load power in search mode	2 / 2 / 3W	2 / 2 / 3W	3 / 3 / 3W



## Anexo 5 - PLC



### principal

Linha de produto	Twido
Tipo de produto ou componente	Controlador de base compacto
Número de E/S digital	24
Número de entrada digital	14
Tensão de entrada digital	24 V
Tipo de tensão de entrada digital	CC
Número de saída digital	10 para relé
Tensão nominal de fornecimento	24 V CC
[Us]	
Número de módulo de expansão	4
E/S	
Uso do slot	Cartucho de memória ou cartucho do relógio em tempo real
Dados incluídos na cópia de segurança	RAM interna (lítio) 30 dias, tempo de carregamento = 10 H, duração da bateria = 10 ano
Tipo de conexão integrada	Fonte de alimentação Adaptador de interface de ligação de série (RS232C/RS485) Ligação de série não isolada mini DIN, modo caractere/Modbus "master"/"slave" RTU/ASCII (RS485) meio duplex, 38,4 kbit/s
Função complementar	Processamento de eventos PID

## Anexo 6 - Sensor de Nível



### BATELCO

produtos de qualidade

**BTM2000 - Sensores de nível, para diesel e água, sem peças móveis.**  
**Para PLC, CLP, etc.**

- \* Produto patenteado sob N° PI9204583
- \* Para uso com CLP, PLC e outros equipamentos
- \* Saída de 0 a 5 Volts
- \* Regulador de tensão interno!
- \* Como não tem peças móveis, não tem desgaste!

NCM – 90269010

**Descrição:** O sensor eletrônico de combustível ou água, permite uma leitura linear do líquido em um tanque, e não possui nenhuma peça móvel. O sensor é montado em uma base padrão SAE (igual a fixação das bóias convencionais automotivas e VDO), a fixação é feita através de cinco parafusos autoatarrachantes ou rosca máquina, até uma bitola máxima de 5mm. A saída para é uma tensão de 0 a 5 volts com 15 ma máx. Ideal para ser utilizado com CLP, PLC (controlador lógico programável). A alimentação pode ser de 11 a 16 VDC (modelo de 12 volts) ou 22 a 32 VDC (modelo de 24 volts).



## Anexo 7 - Sensor Ph

### Technical Data

<b>Measuring Range</b>	
pH	0 to 14 pH (Consult factory for applications below 2 or above 12).
ORP	-500 to +500 mV or 0 mV to +1000 mV, field selectable
<b>Flow Rate</b>	
	10 ft./sec maximum (3 metres/sec) Flow should be as low as possible in low conductivity water and in solutions with high suspended solids
<b>Wetted Materials</b>	
	CPVC, kynar, glass, titanium palladium alloy and EPDM (platinum for ORP probe); opt. viton and ceramic
<b>Transmission Distance</b>	
	Dependant upon transmission distance and supply voltage
<b>Sensitivity</b>	
pH	0.001 pH
ORP	0.1 mV
<b>Stability</b>	
pH	0.03 pH per day, non-cumulative
ORP	2 mV per day, non-cumulative
<b>Temperature Compensation</b>	
Automatic	-5 to 95°C (23 to 203°F)
<b>Pressure Limit</b>	
	100 psig at 65°C maximum
<b>Temperature Limits</b>	
CPVC	-5 to 95°C (23 to 203°F)

**AquaMetrix**  
by Water Analytics



## Anexo 8 - Sensor de Condutividade

### Conductivity Probe

Two-pole piece type conductivity electrode is used the most frequently in China, the structure of laboratory two-pole piece type conductivity electrode is to fire platinum sheet on parallel glass, or on wall of round glass tube, adjusting the area and distance of platinum sheet to make conductivity electrode with different constant. Platinum black electrode can efficiently avoid polarization phenomenon when measure high conductivity solution.

#### 【 Specifications of Conductivity Electrode 】

DJS-1C Conductivity Electrode	DJS-1C ( Platinum black)/ DJS-1C ( Bright)/ DJS-1D Conductivity Electrode	
	Measuring Range(μs/cm):	
	DJS-1C ( Platinum black):	0-20000
	DJS-1C ( Bright):	0-3000
	DJS-1D:	0-200000
	Body Material:	Glass
	Size (mm):	Φ12×120
	Connector:	3-pin



DJS-0.01C (Titanium alloy) Conductivity Electrode	
Measuring Range(μs/cm):	0-2
Body Material:	Titanium alloy
Size (mm):	Φ18×50
Connector:	3-pin

## Anexo 9 - Local de Implementação



## Anexo 10 - Dados Climáticos Ribeira de Vinha

PVSYST V6.85											19/12/19	Page 1/1		
Definition of a geographical site														
Geographical Site		Ribeira de Vinha								Country		Cape Verde		
File Ribeira de Vinha_MN72.SIT of 26/11/19 17h47														
Situation		Latitude				16.85° N		Longitude		-25.01° W				
Time defined as		Legal Time				Time zone UT-1		Altitude		30 m				
Monthly Meteo Values				Source Meteonorm 7.2 (1980-1991), Sat=100%										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
Hor. global	4.65	5.35	6.12	6.53	6.70	6.49	6.19	5.83	5.66	5.34	4.99	4.44	5.69	kWh/m².day
Hor. diffuse	1.78	2.20	2.40	2.60	2.78	2.94	3.08	3.06	2.47	2.40	1.90	1.71	2.45	kWh/m².day
Extraterrestrial	7.97	8.95	9.89	10.57	10.79	10.79	10.75	10.61	10.13	9.25	8.23	7.65	9.64	kWh/m².day
Clearness Index	0.583	0.597	0.619	0.618	0.621	0.601	0.576	0.549	0.559	0.577	0.606	0.579	0.591	
Amb. temper.	21.6	21.1	21.9	21.8	22.7	23.5	25.3	26.4	26.8	26.3	24.4	23.1	23.8	°C
Wind velocity	6.6	6.5	6.4	6.8	6.8	6.3	5.1	4.9	5.1	5.4	5.4	5.6	5.9	m/s

## Anexo 11- Válvula Solenoide



### Características principais

Normalmente fechada e normalmente aberta.  
Ação servo-operada a pistão.  
Corpo de latão, aço inox, etc.  
Conexões roscadas BSP ou NPT .  
Assentos de acrílico-nitrilo para fluidos neutros até 80°C  
e de teflon até 180°C.  
Bobinas encapsuladas. Conexão DIN 43650 forma A.  
Proteção IP65 e NEMA4.

## Anexo 12 - Plano de Manutenção

Periodicidade	Equipamento	Verificação
<b>Trimestral</b>	Módulo	- Limpeza
	Bateria	- Limpeza dos terminais
	Controlador de carga	- Verificar se as conexões estão seguras e
	Inversor	devidamente apertadas - Limpeza - Verificar as luzes de alarme
<b>Trimestral</b>	Bomba	- Verificar desgaste, fiação e tubulação - Verificar rolamentos e sua lubrificação
<b>Trimestral</b>	Reservatório	- Limpeza
	Tubulação e conexões	- Verificar vazamentos nas tubulações, conexões
<b>Trimestral</b>	Válvulas	- Inspeccionar e limpar todas as partes sujeitas a desgaste - Verificar o estado das juntas

## Anexo 13 - Questionário



### Questionário dirigido aos agricultores do perímetro agrícola de Txon d'Holanda

Este questionário tem como finalidade a recolha de dados para um trabalho de conclusão de curso em Engenharia Em Energias Renováveis cujo tema é: "Automatização de um Sistema de Cultivo Hidropónico Ativado com Energia Fotovoltaica". A informação recolhida será tratada com o máximo de confidencialidade e, será usada apenas para fins estatísticos. Também a publicação dos dados tem carácter de anonimato.

Grata pela atenção e colaboração.

#### I-Identificação

1.Sexo ( )F ( )M

2.Idade ( )25 a 35 ( )35 a 40 ( )40 a 50 ( )50 a 60

3.Estado civil ( )

5.Local de residência \_\_\_\_\_

#### II-Situação do terreno:

☐ Proprietário

☐ Funcionário

☐ Arrendatário

☐ Familiar

7. Como vende a produção?

☐ Feiras ☐ Redes de Supermercados ☐ Mercado Local

☐ Entregas em domicílios ☐ Outros \_\_\_\_\_

#### III-Formação académica

8. Habilitações académicas:

☐ Ensino Básico

☐ Ensino secundário

☐ Ensino Superior

Para cada uma das afirmações seguintes avalie de forma espontânea a sua concordância desde, muito pouco até muito bem, conforme a descrição abaixo.

1 – Muito pouco; 2 – pouco; 3- razoavelmente; 4- bem; 5- Muito bem;

IV. Informações/conhecimento sobre Energias Renováveis						
Nº	Questões	1	2	3	4	5
1	Sabe o que são Energias Renováveis.					
2	Conhece os tipos de fontes das Energias Renováveis					
3	Já participou em alguma ação de formação sobre Energias Renováveis.					
4	É a favor da utilização das Energias Renováveis					
5	Acredita que as Energias Renováveis trazem benefícios para a população					

De acordo com a sua experiência na prática agrícola, sobre as propriedades do terreno, responda às questões abaixo indicadas:

1-Nenhuma; 2- Pouco; 3-Razoavelmente; 4-Muito

Nº	V. Qualidade da água e do solo	1	2	3	4
1	A água utilizada é proveniente da ETAR.				
2	A água utilizada apresenta boas propriedades para o cultivo.				
3	A água disponibilizada é suficiente para o cultivo de cada parcela.				
4	O solo tem apresentado desgastes ao longo deste tempo.				
5	A Camara Municipal apresentou alguma proposta de implementar um tratamento terciário na ETAR.				
6	Existe uma relação entre o desgaste do solo e a qualidade da água.				
7	Conhece plantas indicadoras de qualidade do solo				

De acordo com os teus conhecimentos sobre sistemas de cultivos alternativos, responda às questões abaixo indicadas.

1 – Muito pouco; 2 – pouco; 3- razoavelmente; 4- bem; 5- Muito bem;

IV. Informações/conhecimento sobre Sistema do Cultivo Hidropônico						
Nº	Questões	1	2	3	4	5
1	Conhece o sistema de cultivo hidropônico.					
2	Alguma vez já trabalhou com esse sistema.					
3	Já teve alguma formação no âmbito desse sistema.					
4	Conhece algum proprietário que trabalha com esse sistema.					
5	Gostaria de ter mais conhecimentos acerca do sistema					
6	Existe vantagens em aderir a esse tipo de cultura.					

Relativamente aos teus conhecimentos sobre mercado agrícola em São Vicente, que tipo de cultura seria economicamente viável.

1 – Muito pouco; 2 – pouco; 3- razoavelmente; 4- bem; 5- Muito bem;

VI.						
Nº	Questões	1	2	3	4	5
1	Alface					
2	Pimentão					
3	Tomate					
4	Agrião					
5	Morango					
6	Cebolinha					
7	Salsa					
9	Pimenta					

Muito Obrigado(a)!